

Departement für klinische Diagnostik & Services,  
Klinik für Bildgebende Diagnostik  
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

Klinikdirektor: Prof. Dr. med. vet. ECVDI Patrick Kircher

Arbeit unter wissenschaftlicher Betreuung von  
Dr. med. vet. ECVS Daniel Koch

## **Die Rolle der Thermoregulation bei der Entstehung des brachycephalen Atemnotsyndroms des Hundes**

### **Inaugural-Dissertation**

zur Erlangung der Doktorwürde der  
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

**Ana Cristina Piroth**

Tierärztin  
Berlin, Deutschland

genehmigt auf Antrag von  
Prof. Dr. med. vet. Patrick R. Kircher, Referent  
Prof. Dr. med. vet. Iwan Burgener, Korreferent

**2020**



*Meiner Mama und Zora*



## Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung .....	7
2. Einleitung und Zielsetzung .....	9
2.1. Brachycephalie und Brachycephales Atemnotsyndrom (BAS) .....	9
2.1.1. Begriffsklärungen .....	9
2.1.2. Komponenten des BAS .....	10
2.1.3. Klinische Symptomatik und Aufarbeitung betroffener Patienten .....	11
2.1.4. Therapie und Prognose .....	12
2.2. Bestehendes Wissen zu Pathogenese und Pathophysiologie des BAS .....	14
2.3. Alternative Überlegungen zur Pathophysiologie .....	15
2.4. Zielsetzungen .....	17
3. Material und Methoden .....	18
3.1. Patientengut .....	18
3.2. Voruntersuchungen .....	18
3.3. Temperaturmessung auf dem Laufband .....	19
3.4. Lauftest .....	20
3.5. Bestimmung der Schädelform .....	21
3.6. Statistische Auswertung .....	23
4. Resultate .....	25
4.1. Demographische Daten .....	25
4.2. Deskriptive Statistik und Interferenzstatistik .....	26
4.2.1. Temperatur zu festgelegten Zeitpunkten während eines Belastungstests auf einem Laufband .....	26
4.2.2. Absolute Temperaturänderung bezogen auf die Ausgangstemperatur zu festgelegten Zeitpunkten .....	36
4.2.3. Gesamttemperaturverlauf .....	37
4.2.4. Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Lauftests und den radiologisch erhobenen Indices .....	40
5. Diskussion .....	42
5.1. Diskussion der Methode .....	42
5.2. Diskussion der Resultate .....	44
5.2.1. Bedeutung für die Pathogenese des BAS .....	46
5.2.2. Bedeutung für die Therapie des BAS .....	47
5.2.3. Ableitungen für künftige Zuchtbemühungen .....	48
5.3. Schlussfolgerungen .....	50
6. Anhang .....	52

7.	Referenzen.....	54
8.	Danksagung.....	
9.	Lebenslauf .....	

## 1. Zusammenfassung

Die gängige Lehrmeinung zur Pathogenese und Pathophysiologie des BAS bei Hunden vertritt die Theorie, dass die züchterische Kürzung des Nasenschädels eine Stauchung der Strukturen in den oberen Atemwegen bedinge, wodurch nachfolgend enge Nüstern, ein langes Gaumensegel und weitere obstruktive Veränderungen eintreten. Da brachycephale Hunde vornehmlich bei hohen Außentemperaturen und körperlicher Anstrengung Atemnot entwickeln, wird alternativ postuliert, dass die Nasenschädelkürzung die Thermoregulation der Hunde durch den Verlust der evaporativen Oberflächen in den Endoturbinalia so weit beschneidet, dass sie zu kompensatorischen Mechanismen wie frequenten Hechelvorgängen und zu einem erhöhten Atemunterdruck gezwungen werden, was wiederum sekundär zu oben genannten Komponenten führt. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass brachycephale Hunde bei körperlicher Belastung eine statistisch signifikant höhere innere Körpertemperatur generieren und sich dieser signifikante Unterschied auch 10 Minuten nach Ende der Belastung nicht verändert. Die Messergebnisse konnten auf den Längen-Breiten Index des Schädels, nicht aber auf den Schädel-Index korreliert werden. Der 1 km Lauf erwies sich als wertlos in Hinsicht auf die Schädelform. Sinnvollerweise lassen sich also alle strukturellen Veränderungen in den oberen Atemwegen als Folge des Verlustes an evaporativen Oberflächen und somit als Resultat der Beschneidung der Thermoregulation erklären und nicht als Folge der Stauchung.

## **The role of the thermoregulation onto the development of the brachycephalic obstructive airway syndrome (BAOS)**

Common theories explaining the pathogenesis and pathophysiology of the BAOS are based on the assumption, that the structures in the upper airways are condensed. The results are stenotic nostrils, an elongated soft palate and further obstructions along the inner surface of the upper airways. Brachycephalic dogs however show more pronounced clinical signs when the ambient temperature is high, which leads to an alternative explanation of the BAOS, where the decrease of thermoregulation through loss of evaporative surfaces in the endoturbinalia is the starting point. The dogs then are forced to develop compensatory mechanisms, e.g. panting for temperature control and an increased negative pressure on inspiration, which, in its secondary phase, leads to above-mentioned components. The results of this study show, that brachycephalic dogs, when exposed to physiological exercise, generate a significantly higher body temperature than a control group. This difference was still observed 10 minutes after the exercise has been completed. The outcomes show a correlation with the “length width index”, they however did not correlate with the “skull index”. The results of the 1 km trial have shown no correlation to the skull shape. It can be summarized the thermoregulation plays a major role in the pathophysiology of the BOAS and the structural changes in the upper respiratory tract can be attributed to a loss of the evaporative surface and not as a consequence of a shortening of the skull.



## 2. Einleitung und Zielsetzung

### 2.1. Brachycephalie und Brachycephales Atemnotsyndrom (BAS)

#### 2.1.1. Begriffsklärungen

Sowohl in der tierärztlichen Praxis als auch in Stadt und Land auf Wald und Wiesen stellt der aufmerksame Beobachter ohne Zweifel fest, dass sich brachycephale Hunderassen einer immer größeren Beliebtheit erfreuen (ANIS – Animal Identity Service, Bern 2014). Anhand von Schädelmessungen erfolgt eine Unterteilung in einen doliocephalen, mesocephalen und brachycephalen Phänotyp (Evans 1993). Abgeleitet aus dem Griechischen *brachýs* für kurz und *kephalḗ* für „Kopf“, ergibt sich die deutsche Bezeichnung der Kurzköpfigkeit (Pschyrembel 1993). Diese ist bedingt durch eine massive Verkürzung des Gesichtsschädels (Oechtering, Oechtering et al. 2007). Hunde, die aufgrund ihrer phänotypischen Kurzköpfigkeit klinische Symptome entwickeln, leiden unter dem sogenannten Brachycephalen Syndrom (Aron and Crowe 1985). Als besonders gravierend ist in diesem Zusammenhang die Funktionsstörung der Atemwege anzusprechen, man spricht vom sogenannten „brachycephalen Atemnotsyndrom“ (BAS) (Oechtering, Oechtering et al. 2007). Im englischsprachigen Raum wird der Ausdruck „brachycephalic airway obstructive syndrome“ (BAOS) verwendet (Fasanella 2010).

Kurznasige Hunderassen sind im Trend. Durch zunehmende Präsenz in „Social Media“, Filmen und Werbung werden diese Hunde vermehrt wahrgenommen und entsprechend des „Kindchenschemas“ (Fournier 2002) aufgrund ihrer großen Augen und der stupsartigen Nase verstärkt nachgefragt, worauf Züchter entsprechend reagiert haben. In Großbritannien beispielsweise stellen Französische Bulldoggen mittlerweile die am häufigsten registrierte Rasse beim „Kennel Club“, dem Dachverband britischer Hundezuchtvereine. Es konnte ein rund 50-facher Anstieg an Registrierungen von initial 692 Registrierungen im Jahr 2007 auf 36.785 im Jahr 2018 Registrierungen festgestellt werden (The Kennel Club 2018).

Das Erscheinungsbild, welches sich durch die Kurzköpfigkeit ergibt, ist phänotypisch für einige Hunde- aber auch für Katzenrassen. Hunderassen, die diesem Phänotyp entsprechen und dementsprechend häufig vom brachycephalen Syndrom betroffen sind, sind neben

weiteren vor allem Englische Bulldoggen, Möpse, Französische Bulldoggen, Boston Terrier, Boxer, Shi Tzus, Pekingesen, Lhasa Apso, Shar Peis, Cavalier King Charles Spaniel (Aron and Crowe 1985, Hendricks 1992, Hobson 1995, Lorinson, Bright et al. 1997, Hedlund 1998, Hedlund 2002, Koch, Arnold et al. 2003, Fasanella 2010).

Zur objektiven Beurteilung des Ausprägungsgrades der Brachycephalie wurden verschiedene Parameter erschaffen, die sich anhand von Röntgenbildern reproduzieren lassen. Zu nennen ist der sog. Schädel-Index („S-Index“), der die Gesichtsschädellänge in Korrelation zur Hirnschädellänge wiedergibt und am lebenden Tier zu erfassen ist (Koch, Wiestner et al. 2012) und die vom Brehm et al (1985) vorgeschlagenen Indices am Kadaverschädel, nämlich den Längen-Breiten-Index („LW-Index“) und einen weiteren Index, welcher den Gesichtsschädel zur Hirnschädellänge in Relation setzt („LL2-Index“).

### **2.1.2. Komponenten des BAS**

Befasst man sich mit der Literatur zum BAS, werden verschiedene Komponenten beschrieben, die sich in ihrem Auftreten und dem Grad der Ausgeprägtheit je nach Rasse und Individuum unterscheiden. Beschrieben sind stenotische Nasenlöcher (Trader 1949), ein verlängertes und verdicktes Gaumensegel (Farquharson and Smith 1942), deformierte und aberrant wachsende Conchen in einer unterproportional kleinen Nasenhöhle (Farquharson and Smith 1942, Oechtering, Oechtering et al. 2007), Larynxkollaps und evertierte laterale Laryngealtaschen (Leonard 1957, Leonard 1960), außerdem eine Hypoplasie der Trachea (Suter 1972).

Studien, die das Auftreten von anatomischen Komponenten in einer brachycephalen Studienpopulation untersuchen, beziehen in der Regel nur Patienten mit schweren Verlaufsformen ein, die aufgrund von chirurgischen Interventionen vorgestellt wurden. Zum Beispiel konnten in einer 1982 veröffentlichten Studie von Harvey stenotische Nasenlöcher in 51%, verlängerte Gaumensegel bei allen Patienten, evertierte Laryngealtaschen in 53%, Laryngealkollaps in 31% und evertierte Tonsillen in 9% der vorgestellten Patienten dokumentiert werden (Harvey 1982, Harvey 1982).

Eine 2010 veröffentlichte Studie wertete retrospektiv brachycephale Hunde aus, die im Zeitraum von 1991 bis 2008 aufgrund unterschiedlichster Gründe vorstellig wurden. Hierbei

konnten verlängerte Gaumensegel bei 94%, stenotische Nasenlöcher bei 77%, evertierte Laryngealtaschen bei 66% und evertierte Tonsillen bei 56% der Patienten nachgewiesen werden. 39% der Hunde, die im Zuge der Diagnostik eine Röntgenaufnahme des Brustkorbs erhielten, zeigten in 39% eine hypoplastische Trachea. Häufige Kombinationen des brachycephalen Syndroms waren das Vorliegen von stenotischen Nasenlöchern und evertierten Laryngealtaschen, außerdem letztgenannte mit evertierten Tonsillen (Fasanella 2010). Es konnte festgestellt werden, dass Hunde mit verdicktem Gaumensegel stärkere klinische Symptome im Sinne des BAS zeigen (Grand 2011).

### **2.1.3. Klinische Symptomatik und Aufarbeitung betroffener Patienten**

Die klinische Symptomatik von am brachycephalen Syndrom leidenden Hunden ist vielfältig und variiert von Fall zu Fall. Es ist mit einem progressiven Erkrankungsverlauf zu rechnen. Mögliche klinische Symptome brachycephaler Patienten umfassen einen Stertor oder Stridor, Episoden von Dyspnoe, Atemnot, Bewegungs- und Stressintoleranz, Husten, Erbrechen, Zyanose, Kollaps und Hyperthermie (Fasanella 2010). Beschrieben sind außerdem das Auftreten von starkem Schnarchen, von Synkopen oder kollapsartigen Zusammenbrüchen und Schwierigkeiten bei der Nahrungsaufnahme (Lorinson, Bright et al. 1997). Außerdem wird von einer verlängerten Erholungszeit nach körperlicher Anstrengung berichtet (Roedler 2013). Die Schwere der beschriebenen Symptome variiert. Schlimmstenfalls folgt eine respiratorische Dekompensation, welche oftmals durch Faktoren wie Adipositas oder akuten Stresssituationen wie Überhitzung, Aufregung und körperliche Anstrengung verstärkt wird (Flournoy 2003, Bruchim 2006, Bach 2007).

Neben respiratorischen Funktionsstörungen zeigen am BAS leidende Hunde auch außerhalb des Respirationstrakts auftretende Probleme. Gastrointestinale Symptome wie Regurgitieren, Erbrechen und Durchfall werden vorberichtlich oftmals angegeben. Ursächlich kann in vielen Fällen eine Hiatushernie, eine Pylorusstenose oder eine Deviation des Ösophagus diagnostiziert werden. Eine initiale Vorstellung aufgrund gastrointestinaler klinischer Symptomatik, die letztlich aber sekundär, bedingt durch das BAS, auftreten, ist somit möglich (Hendricks 1995, Lecoindre 2004, Poncet, Dupre et al. 2005, Poncet 2006).

Ebenso berichten Besitzer oftmals von Schwierigkeiten beim Schlafen betroffener Hunde. Neben Episoden von Schlafapnoe können einige Hunde nur mit erhöhtem Kinn oder offenem

Mund schlafen. Auch Schlafversuche im Sitzen werden anamnestisch angegeben, schlimmstenfalls auch Erstickungsanfälle während des Schlafs (Pohl 2016).

Neben respiratorischen pathophysiologischen Besonderheiten sind bei Vertretern dieser Rassen auch vielfache ophthalmologische, dermatologische und orthopädische Pathologien bekannt, die in dieser Arbeit jedoch nicht weiter beleuchtet werden sollen (O'Neill 2018).

Bei der Diagnosestellung spielt neben der oben erwähnten Klinik die klinische Untersuchung des Patienten eine wichtige Rolle. Im Zuge dessen sollte das Atemmuster evaluiert werden. Je nach Engstelle kann eine inspiratorische oder gemischte Dyspnoe beobachtet werden (Harvey 1982, Aron and Crowe 1985, Hendricks 1992). Oftmals beginnt der Atemzyklus mit einer langsamen Inspirationsphase, gefolgt von einer schnellen Expiration bei Hunden mit eingeschränktem Durchmesser der luftführenden Wege (Aron and Crowe 1985, Hobson 1995). Eine Adspektion der Nasenöffnung zeigt meist massive stenotische Verhältnisse. Das weitere Ausmaß der Missbildungen des oberen Atemtrakts lässt sich laryngoskopisch oder mittels bildgebender Diagnostik validieren. Besonderes Augenmerk sollte auf die Länge und die Dicke des Gaumensegels, die Lage und Größe der Tonsillen, auf das Vorliegen von evertierten Larynxtaschen und die Funktionsfähigkeit des Larynx sowie sein Öffnungslumen gerichtet werden. Durch diese Untersuchungen lassen sich auch andere Ursachen für eine Obstruktion ausschließen (Davidson, Davis et al. 2001, Hedlund 2002, Poncet, Dupre et al. 2005). Röntgenaufnahmen des Brustkorbes sollten im Zuge der Diagnosestellung angefertigt werden, um kardiale und pulmonale Veränderungen zu erkennen und gegebenenfalls therapieren zu können. Auch kann in diesem Zusammenhang die Verdachtsdiagnose einer trachealen Hypoplasie gestellt werden. Aktuelle Studien haben gezeigt, dass das Vorliegen einer solchen Pathologie allerdings in keinem Zusammenhang mit der Schwere respiratorischer Symptome präoperativer Patienten steht und keinen Einfluss auf das postoperative Ergebnis hat (Coyne and Fingland 1992, Poncet 2006). Blut- und Urinuntersuchungen betroffener Hunde zeigen normalerweise keine Veränderungen.

#### **2.1.4. Therapie und Prognose**

Bei Hunden mit massiven klinischen Problemen im Zuge des brachycephalen Syndroms stellt eine chirurgische Korrektur die Methode der Wahl dar. Dabei wird vor allem eine Kombination aus einer Staphylektomie, eine Weitung stenotischer Nasenlöcher und die

Exzision allenfalls evertierter Laryngealtaschen durchgeführt. Die alleinige Erweiterung der Nasenlöcher, bzw. das Kürzen eines verlängerten Gaumensegels, sind in der Regel nicht zielführend. In etwa 90% der Fälle konnte mit der klassischen Therapie eine verbesserte Klinik hervorgerufen werden (Poncet 2006, Torrez 2006, Riecks 2007, Fasanella 2010). Allerdings konnte nur bei etwa der Hälfte der Patienten eine signifikante oder exzellente Verbesserung der Symptome erzielt werden, was zur Entwicklung neuer chirurgischer Techniken geführt hat wie zum Beispiel einer Umschlagtechnik des gekürzten Gaumensegels (Findji 2009), der Entfernung von stenosierenden Endoturbinaria mit Hilfe eines speziellen Lasers (Oechtering, Pohl et al. 2016, Oechtering, Pohl et al. 2016) und Radiofrequenzablation überlanger Gaumensegel (Palierne 2018). Studien, die deren Überlegenheit und Nachhaltigkeit beweisen, fehlen derzeit noch. Die chirurgische Korrektur bei Vorliegen eines Larynxkollapses mittels Lateralisation der Aryknorpel war in einzelnen Fällen erfolgreich, soll aber nicht routinemäßig durchgeführt werden (Packer 2015). Das Vorliegen eines verdickten Gaumensegels konnte mit einer schwereren klinischen Symptomatik in Zusammenhang gebracht werden, nicht aber mit einem schlechteren Ergebnis nach chirurgischer Standardtherapie (Grand 2011).

Insgesamt zeigen 10% der operierten Hunde mittels beschriebener chirurgischer Korrektur keine Verbesserung der klinischen Symptomatik. Betrachtet man diese Therapieversager, konnte festgestellt werden, dass Faktoren wie Alter und das zusätzliche Vorliegen eines Larynxkollapses nicht mit einem schlechten postoperativen Resultat in Verbindung gebracht werden können (Torrez 2006). In einer anderen Studie benötigte eine große Anzahl von Patienten mit Vorliegen eines Larynxkollapses eine temporäre Tracheotomie (Trinterud 2014). Die logisch erscheinende Schlussfolgerung, dass die Schwere und Ausprägtheit der im Zuge des brachycephalen Syndroms beobachteten Veränderungen und Symptome mit einem schlechteren postoperativen Ergebnis zusammenhängt, konnte bislang allerdings nicht belegt werden.

Nach einer chirurgischen Korrektur der Atemwege sind auch Verbesserungen von gastrointestinalen Symptomen bei betroffenen Hunden zu erwarten. Eine zusätzliche medikamentelle Therapie zur Behandlung von gleichzeitig bestehenden gastrointestinalen Beschwerden ging allerdings mit einem besseren Ergebnis einher, als eine chirurgische Behandlung des Respirationstraktes allein. In 89% solcher Fälle berichteten die Besitzer von einem guten oder sogar exzellenten Rückgang der respiratorischen Symptomatik, was

hingehend bei alleiniger chirurgischer Behandlung nur 68% der Besitzer angaben (Poncet, Dupre et al. 2005, Poncet 2006).

Als Marker für eine erfolgreiche Operation kann der „vascular endothelial growth factor“ (VEGF) herangezogen werden. VEGF wird wenige Stunden nach Hypoxie exprimiert. Es konnte ein signifikanter Anstieg nach kurzer körperlicher Belastung bei kurznasigen Hunden im Vergleich zu nicht-brachycephalen Hunden nachgewiesen werden (Wenk 2004).

Wenn auch in einer durchgeführten Studie kein Zusammenhang zwischen einem erhöhten Körpergewicht und der Schwere der Symptome im Zuge des BAS nachgewiesen werden konnten, ist langfristig eine Gewichtsoptimierung betroffener Hunde angeraten, zusätzlich zu einem entsprechenden Management: So sollten beispielsweise Spaziergänge und Aktivitäten bei Hitze unterlassen und Hunde nur mit Brustgeschirr geführt werden (Poncet, Dupre et al. 2005, Riecks 2007).

## **2.2. Bestehendes Wissen zu Pathogenese und Pathophysiologie des BAS**

Die charakteristische Kopfform brachycephaler Hunde zeichnet sich durch einen sehr kurzen Gesichtsschädel aus. Dieser ist das Ergebnis eines erblich bedingten Defekts in der Entwicklung der Knochen an der Kopfbasis (Schmidt 2013). Dabei geht das Breitenwachstum physiologisch vonstatten, wohingehend das Längenwachstum sistiert.

Bislang ist man davon ausgegangen, dass die Verkürzung des Gesichtsschädels zu Stauchungsphänomenen im Atemrohr und damit zu Missbildungen führt, die oftmals als eine Trias, bestehend aus stenotischen Nares, einem überlangen Gamensegel und evertierten seitlichen Kehlkopftaschen bezeichnet wird (Riecks 2007). Dabei nimmt die Nasenpassage eine prominente Rolle ein, weil dort mit ca. 70% der physiologisch höchste Atemwiderstand entlang der gesamten Atemwege zu finden ist (Ohnishi and Ogura 1969) und deswegen auch damit zu rechnen ist, dass bei verkürztem Nasenschädel die Atemluft im Naseninneren den höchsten Widerstand zu überwinden hat (Oechtering, Oechtering et al. 2007). Andere Studien nennen als primäre Komponenten des BAS neben der oben erwähnten Trias eine hypoplastische Trachea (Suter 1972). All diese anatomischen Besonderheiten führen laut der

Autoren zu einem erhöhten Atemwiderstand aufgrund einer vermehrten Atemarbeit, was wiederum zur Entstehung von Ödemen und Entzündungserscheinungen an respiratorischen Schleimhäuten führt und sekundäre anatomische Pathologien fördert. Darunter zählen evertierte seitliche Kehlkopftaschen, evertierte Rachenmandeln und eine Instabilität der Kehlkopfknorpel, was zu einem Larynx- und Trachealkollaps führen kann. Diese sekundären Veränderungen führen durch eine weitere Lumenverengung zu weiteren Obstruktionen und Erhöhungen des Atemwiderstands und schließen somit den Kreis (Harvey 1982, Harvey 1982, Wykes 1991, Lorinson, Bright et al. 1997, Torrez 2006, Riecks 2007, Ginn 2008). Dieses Phänomen ist vor allem im Bereich der Stimmtaschen auszumachen. Die Stimmritze wird zusätzlich verengt und verursacht eine erschwerte Atmung. Klinisch gesehen zeigt der Hund eine unterschiedlich stark ausgeprägte Dyspnoe (Hedlund 2002, Fasanella 2010). Dieser Circulus vitiosus kann in der Regel nicht ohne chirurgische Intervention durchbrochen werden.

### **2.3. Alternative Überlegungen zur Pathophysiologie**

Bei der ausführlichen Lektüre von Übersichtsarbeiten zur Thematik der Brachycephalie wird der Zusammenhang zwischen der Kurzköpfigkeit und den Atemproblemen des Öfteren nur unzureichend beleuchtet. Die Stauchung der Gewebe soll demnach primär verantwortlich sein für die entstehende Dyspnoe. Unter diesem Gesichtspunkt müsste der Mensch aber auch unter massiven Atemproblemen leiden. Im Weiteren ergibt es entwicklungsgeschichtlich wenig Sinn, wenn eine Gesichtsschädelkürzung, wie sie beim brachycephalen Tier beobachtet wird, nur auf der Nasenaußenseite und nicht im Körperinneren stattfindet. Kurzbeinige Hunde haben ja auch keine gefalteten Knochen.

Ebenso wurde der Rolle der Nase als Thermoregulationsorgan bis anhin kaum Beachtung geschenkt, obwohl der Hund ja nur ungenügend schwitzen kann und deswegen obligat auf den Hechelvorgang und damit eine intensive Belüftung der Nase angewiesen ist. Beim Hechelvorgang wird in hoher Frequenz Luft durch die Nase eingesaugt, wo sie an den großen evaporativen Flächen der Endoturbinalia mit Feuchte beladen wird. Anschließend wird die Feuchte über das Maul abgegeben, wodurch der Körper abgekühlt wird (Schmidt-Nielsen, Bretz et al. 1970, Cunningham 2007).

Im Gegensatz zu mesocephalen Hunden ist bei brachycephalen Rassen die Oberfläche der Conchen aufgrund der Verkürzung des Gesichtsschädels massiv reduziert und verändert. Findet man bei normocephalen Hunde- und Katzenrassen komplex aufgebaute fein verzweigte Conchenstrukturen, sind diese bei kurznasigen Hunden hypertroph ausgebildet und somit massiv in ihrer Funktion eingeschränkt (Walter 2008). Auch konnte in einer Studie das Vorliegen von nasalen Schleimhautkontaktpunkten, besonders signifikant bei der Französischen Bulldogge, im Zuge rhinoskopischer Untersuchungen, belegt werden (Schuenemann 2014). Teilweise wachsen aberrante Conchen in die Atemwege hinein, dabei werden „rostrale aberrante Conchen“ (RAC) von „kaudalen aberranten Conchen“ (CAC) unterschieden (Oechtering, Pohl et al. 2016). All dies ist Ausdruck einer unzureichenden Abgabe von Hitze durch den Hechelvorgang. Dementsprechend ist die Toleranz brachycephaler Rassen bei körperlicher Belastung oder hohen Außentemperaturen nur ungenügend, wie dies die meisten Besitzer kurznasiger Hunde in der Tierarztpraxis auch berichten.

Zur Kompensation der ungenügenden Thermoregulation und zur Befriedigung des Sauerstoffbedürfnisses müsste nun ein brachycephaler Hund den Atemunterdruck erhöhen. Rhinometrische Untersuchungen konnten tatsächlich nachweisen, dass sowohl die in der Inspiration als auch in der Expiration gemessenen intranasalen Drücke bei brachycephalen Hunden immer über denen nicht brachycephaler Rassen liegt (Balli 2004, Koch, Wiestner et al. 2018). Die Passage zwischen Nüstern und Choanen wurde als Ort der hauptsächlichen Obstruktion ausgemacht. Eine nachfolgend durchgeführte Studie, bei einer limitierten Zahl von Englischen Bulldoggen und Continental Bulldogs mit unterschiedlicher Nasenlänge, belegte eine positive Korrelation mit dem S-Index: Eine nur minimale Verlängerung des Gesichtsschädels führte zu erniedrigten gemessenen intranasalen Drücken und einer Verbesserung der klinischen Symptomatik (Arnold 2004).

Die alternative Überlegung zur Entstehung des brachycephalen Syndroms lautet deswegen wie folgt: Der auslösende Faktor für das BAS ist der Verlust der evaporativen Oberflächen, und nicht die Stauchung der Naseninnenstrukturen oder ein zu langes Gaumensegel in einem sonst kurzen Kopf. Die Beeinträchtigung der Thermoregulation, insbesondere bei hohen Außentemperaturen, zwingt den Hund zu verstärkter Atemarbeit. Diese Atemarbeit resultiert in einem erhöhten Atemunterdruck (Koch, Wiestner et al. 2018), welcher alle nicht knöchern gestützten Weichgewebe im Bereich der oberen Atemwege ins Lumen zieht. Dazu gehören die Nüstern, das Gaumensegel, das Rachendach und die Kehlkopftaschen. Später deformiert



auch der Kehlkopfeingang plastisch, außerdem wird die Kardia des Magens nach proximal gezogen (Poncet, Dupre et al. 2005), was klinisch als Regurgitieren bemerkbar wird. Die zusätzlichen Obstruktionen bedingen weitere zusätzliche Atemarbeit, was einem Circulus vitiosus gleichkommt und erklärt, weswegen sich Hunde mit dem BAS Jahr für Jahr klinisch verschlechtern. Unter diesen Gesichtspunkten sind enge Nüstern, ein überlanges und verdicktes Gaumensegel und evertierte Larynxtaschen immer sekundäre Merkmale des Syndroms und müssen sich trotz chirurgischer Korrekturen derselbigen wieder bemerkbar machen, weil ja die Nasenlänge, bzw. die evaporativen Oberflächen, nicht verändert werden.

## **2.4. Zielsetzungen**

Das Ziel der Untersuchung ist der Nachweis, dass die klinischen Symptome des BAS die Folge einer Beeinträchtigung der Thermoregulation sind. Des Weiteren sollen Richtlinien zur züchterischen Verbesserung kurznasiger Hunderassen geschaffen und etabliert werden. Dabei lautet die Hypothese, dass kurznasige Hunde unter kurzer körperlicher und kontrollierter Belastung höhere Körpertemperaturen generieren als langnasige Hunde und mehr Zeit bis zum Erreichen der Ausgangskörpertemperatur benötigen.

### **3. Material und Methoden**

#### **3.1. Patientengut**

Bei der Studienpopulation handelte es sich um Hunde, welche aus dem Patientenkataster der Daniel Koch Kleintierchirurgie AG und aus der Bekanntschaft des Praxisinhabers rekrutiert wurden und von welchen die Besitzer Interesse und Bereitschaft zur Mitwirkung an der Studie signalisiert hatten. Die zu untersuchenden Hunde wurden in zwei Gruppen unterteilt, wobei Körpergewicht und Größe der Hunde möglichst ähnlich war, die Kopfform jedoch zwischen den Gruppen variierte. Die Hunde durften nicht älter als maximal 10 Jahre alt sein, außerdem mussten sie für die Besitzer als derzeit gesund eingestuft werden. Die erste Gruppe bestand aus Vertretern brachycephaler Rassen (Gruppe B). Untersucht wurden fast ausschließlich Französische Bulldoggen, außerdem Continental Bulldogs und ein Boston Terrier. Vorberichtliche Probleme im Sinne von respiratorischen Problemen, die auf ein BAS hindeuten, wurden für die Teilnahme an der Studie akzeptiert. Insgesamt durchliefen 21 Hunde die Studie – ein weiterer Hund tolerierte das Laufen auf dem Laufband nicht und wurde somit ausgeschlossen. Die Hunde der Kontrollgruppe (Gruppe K) setzten sich zusammen aus Vertretern mesocephaler Rassen. Es wurden Cairn Terrier, Cocker Spaniel, Yorkshire Terrier und Mischlinge untersucht. Vorberichtliche Atemwegserkrankungen durften bei dieser Gruppe allerdings nicht vorkommen. Es wurden 16 Kontrolltiere untersucht, ein weiterer Hund zeigte in der Voruntersuchung Auffälligkeiten, weshalb dieser ebenso ausgeschlossen wurde.

Die unten aufgeführte Versuchsanordnung unterlag den Bedingungen eines Tierversuchs nach Schweizer Recht. Der entsprechende Antrag wurde eingereicht und vom kantonalen Veterinäramt Zürich unter der Nummer ZH 109/18 am 31.08.2018 bewilligt. Die Besitzer wurden mündlich über den Versuchsablauf informiert und mussten vor dessen Beginn ihre schriftliche Zustimmung in Form einer Einverständniserklärung geben (Anhang 1).

#### **3.2. Voruntersuchungen**

Die Untersuchungen fanden an drei aufeinanderfolgenden Tagen zu Beginn Oktober 2018 und an einem Tag Ende März 2019 statt. Die Außentemperatur betrug 24°, 25° respektive

23°, es war an allen Tagen recht sonnig, der Himmel zeitweilig mit Wolken bedeckt. Der Ort der Untersuchung war die Überweisungspraxis für Kleintierchirurgie von Daniel Koch in Diessenhofen in der Schweiz. Vor Beginn wurden alle Hunde einer kurzen klinischen Untersuchung unterzogen, die das Allgemeinbefinden, das jeweilige Gewicht, eine Herz- und Lungenauskultation und eine Beurteilung der Schleimhautfarbe, inklusive der kapillären Füllungszeit, beinhaltete. Wurde keine Auffälligkeit festgestellt, durften die Hunde an der Studie teilnehmen. Sie blieben anschließend, bis zur Erhebung der Parameter, bei ihren Besitzern und bekamen Wasser ad libitum angeboten.

### **3.3. Temperaturmessung auf dem Laufband**

Das Laufband (Reebok TR3 Treadmill®) wurde in dem Raum, der der stationären Unterbringung von Tieren dient, aufgestellt. Die Laufbandgeschwindigkeit wurde von Hand per Wippschalter eingestellt und konnte jederzeit mit einem Unterbrechungsknopf innerhalb von wenigen Sekunden auf „Null“ reduziert werden. Alle Hunde durften sich zunächst frei im Raum, in dem sich das Laufband befand, bewegen. Vorberichtlich war keiner der Hunde, der an der Studie teilnahm, an ein Laufen auf einem Laufband gewöhnt. Die Besitzer standen, falls notwendig, am vorderen Ende des Laufbands, um die Hunde zum Fortbewegen zu motivieren. Die überwiegende Anzahl der Hunde waren mit einer Leine gesichert, die der Besitzer in der Hand hielt. Einzelne Hunde wurden mit Futter vom Besitzer gelockt (Abbildung 1). Zur Temperaturregistrierung wurde eine 5 m lange Rektaltemperatursonde mit einem Kabeldurchmesser von 4 mm verwendet. Sie war an ein Narkoseüberwachungsgerät Mindray® PM 9000-Vet (Covetrus, Lyssach, Schweiz) angeschlossen. Auf dem Monitor des Geräts konnte die gemessene Temperatur abgelesen werden. Die Temperatursonde wurde nach Aufbringen von Kontaktgel rektal soweit vorgeschoben, dass die Sondenspitze auf Höhe der letzten Rippe lag. Diese Distanz wurde vorgängig bei jedem Hund mittels Maßstab bestimmt. Die Sonde wurde weder an der Rute noch in Anusnähe fixiert, weil dies bei den ersten zwei gemessenen Hunden zu Abwehrreaktionen und Messunterbrechungen führte. Die Hunde mussten 10 Minuten auf dem Laufband in maximalem Schritt absolvieren. Die Geschwindigkeit wurde für jeden Hund individuell so eingestellt, dass er gerade nicht traben musste. Die Hunde wurden im Anschluss vom Laufband geführt und im Untersuchungsraum belassen, wobei die Rektalsonde über weitere 10 Minuten verblieb. Währenddessen wurde

die Körpertemperatur der Hunde mittels der Rektalsonde kontinuierlich über die gesamte Versuchsdauer von 20 Minuten gemessen und minütlich protokolliert. Wasser wurde den Hunden erst im Anschluss angeboten. Hunde, die das Laufen auf dem Laufband nach der Eingewöhnungsphase nicht tolerierten, wurden von der Studie ausgeschlossen.



**Abbildung 1:** Verschiedene Hunde bei der Temperaturmessung auf dem Laufband.

### **3.4. Lauftest**

Im Anschluss an die Durchführung des Laufbandtestes durften die Hunde sich ohne Leine im Schatten im Beisein ihrer Besitzer erholen. Wasser wurde ad libitum angeboten. Entsprechend

des Leistungstests, der in der Schweiz zur Erlangung einer Zuchttauglichkeit für Französische Bulldoggen vorgeschrieben ist, mussten im Anschluss alle Hunde eine Strecke von einem Kilometer so schnell als möglich bewältigen. Die verkehrsfreie Strecke führte von der Praxis über total 400 Meter Asphalt und 600 Meter gepressten Schotter in das Vorgelände des Ortes. Nach 500 m zeigte eine Markierung die Streckenhälfte an, worauf der Rückweg angetreten wurde. Die Hunde liefen an der Leine und wurden von der Untersucherin je nach erreichbarer Geschwindigkeit zu Fuß oder mit dem Fahrrad begleitet. Die Zeit wurde von Hand mit einer Sportuhr (Garmin Fenix3 HR ®) erfasst und protokolliert. Anschliessend konnten sich die Hunde bei den Besitzern erholen und bekamen wiederum Wasser ad libitum.

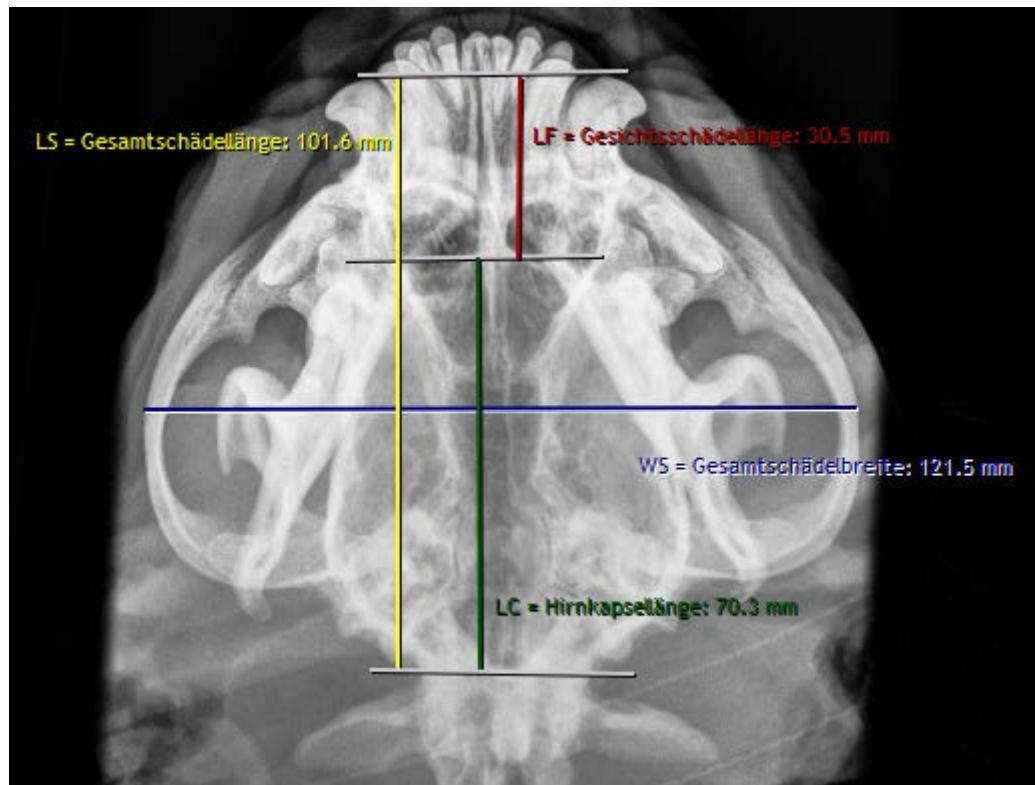
### **3.5. Bestimmung der Schädelform**

Nach der Erholung vom Lauftest wurde mittels röntgenologischer Untersuchung die Schädelform der Hunde bestimmt. Dazu wurde eine Aufnahme in dorsoventralem Strahlengang angefertigt. Keiner der Hunde musste zu diesem Zwecke sediert werden, obwohl die entsprechende Tierversuchsbewilligung dies erlaubt hätte. Der Kopf wurde jeweils so auf eine Schaumstoffunterlage und die darüber gelegte Röntgenkassette gebettet, dass das knöcherne Palatum horizontal lag. Der Röntgenerators war ein Esotron® HF CMP 200 (E. Schweizer AG, Med.-Röntgentechnik, Zürich, Schweiz), die digitale Entwicklung besorgte ein AGFA ® CR 30-x (E. Schweizer AG, Med.-Röntgentechnik, Zürich, Schweiz). Die digitalisierten Bilder wurden in die frei zugängliche Betrachtersoftware Synedra ® eingelesen und dort elektronisch vermessen.

Die Länge des Gesichtsschädels, vom rostralen Ende des Os incisivum bis zum rostralen Ende des Cavum cranii, sowie die Länge des Cerebrums, vom rostralen Ende des Cavum cranii bis zum kaudalen Ende des Os occipitale, wurden bestimmt. Aus diesen Strecken wurde der S-Index (Koch, Wiestner et al. 2012) durch Division der Gesichtsschädellänge durch die Länge des Cerebrums berechnet. Für die Bestimmung des LW-Index (Brehm, Loeffler et al. 1985) wurde die Gesamtlänge des Oberkieferschädels (vom rostralen Ende des Os incisivum bis zum Ende des Os occipitale) durch die maximale Gesamtbreite (jeweils lateralster Punkt des Arcus zygomaticus) dividiert. Beispielhaft werden nachfolgend die beschriebenen Ausmessungen

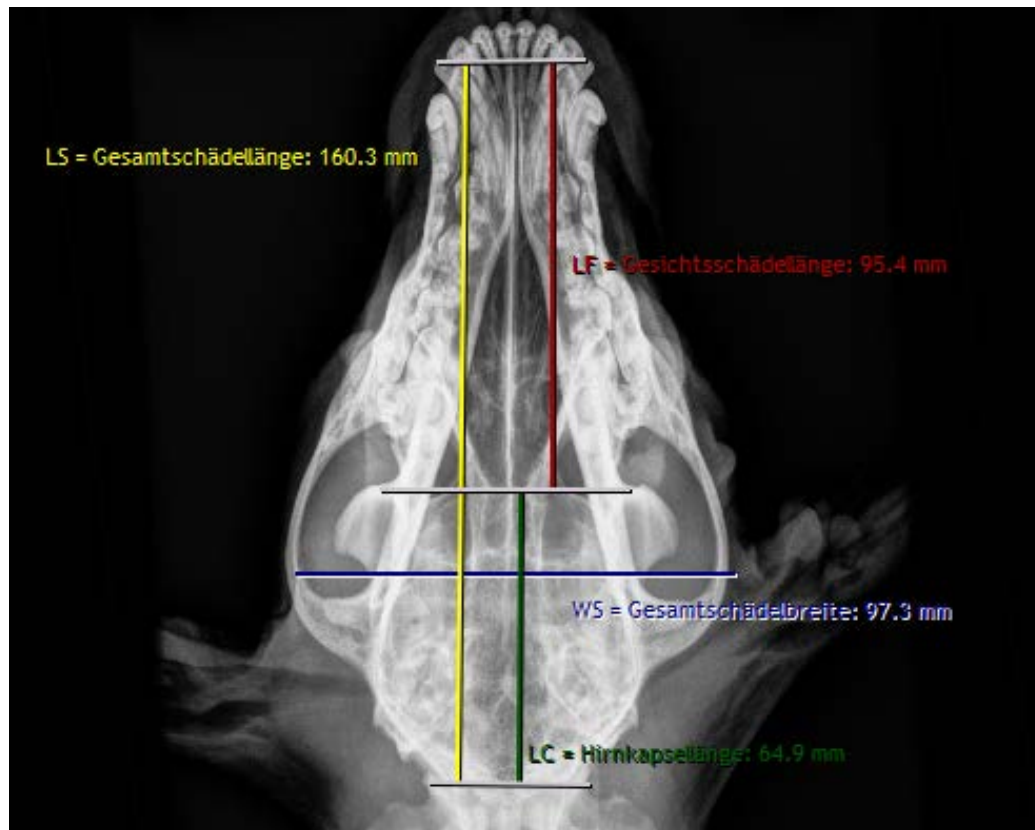
für eine Französische Bulldogge als auch für einen Vertreter der Kontrollgruppe dargestellt (Abbildung 2 und 3).

Anschließend wurden die Hunde entlassen.



**Abbildung 2:** Radiologische Indices zur Beurteilung des Grades der Brachycephalie am Beispiel des Schädels einer französischen Bulldogge (S-Index:  $LF/LC = 0,43$ ; LB-Index:  $LS/WS = 0,87$ ).





**Abbildung 3:** Radiologische Indices zur Beurteilung des Grades der Brachycephalie am Beispiel des Schädels eines Cocker Spaniels (S-Index:  $LF/LC = 1,47$ ; LB-Index:  $LS/WS = 1,65$ ).

### 3.6. Statistische Auswertung

Folgende Berechnungen wurden errechnet und nachfolgend statistisch ausgewertet:

Die rektal mittels einer Temperatursonde gemessene Körpertemperatur von an der Studie teilnehmenden Hunden beider Gruppen wurden zum Zeitpunkt 0', d.h. unmittelbar vor dem Laufen auf dem Laufband, nach 5 und 10 Minuten, außerdem nach 15 und 20 Minuten gemessen und miteinander verglichen. Dabei galt es zu berücksichtigen, dass die Werte nach 15 und 20 Minuten Erholungswerte darstellen. Visualisiert wurden die Medianwerte mittels Boxplots. Anschließend wurde mittels „Welch's t-Test“ berechnet, ob sich die Mittelwerte statistisch signifikant voneinander unterscheiden. Dabei lag das Signifikanzlevel bei  $p < 0.05$ .

Ebenso wurde der Zusammenhang zwischen der Körpertemperatur und dem Schädel-Index (S-Index) und dem Längen-Breiten-Index (L-B-Index) ermittelt. Der Zusammenhang wurde für alle Beobachtungen mittels Datenpunkten und einer errechneten linearen

Regressionsgerade durch die gegebenen Daten visualisiert.

Nachfolgend wurde der Gesamttemperaturverlauf beider Gruppen dargestellt. Da sich die Startwerte 0' innerhalb der beiden Gruppen unterschieden und der Verlauf somit schwer vergleichbar war, wurden zusätzlich die relativen Temperaturänderungen der zwei miteinander zu vergleichenden Gruppen visualisiert.

Abschließend wurde der Zusammenhang für die Dauer der Zeit in Minuten, eine Strecke von einem Kilometer Länge zurückzulegen, mit den radiologisch erhobenen Indices, dem Schädel-Index und dem Längen-Breiten-Index erfasst. Hierfür wurden erneut Datenpunkte geplottet, außerdem eine lineare Regressionsgerade hinzugefügt.



## 4. Resultate

### 4.1. Demographische Daten

Die demographischen Daten sind in Tabelle 1 und 2 zusammengefasst. Hierbei wurde neben der Rasse, und somit der Einteilung in eine Brachycephalie- und eine Kontrollgruppe, auch das Geschlecht, der Kastrationsstatus, das Alter, das Körpergewicht und die Herkunft anamnestisch erhoben.

Nummer	Rasse	Geschlecht	Kastration (ja/nein)	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Herkunft
1	Franz. Bulldogge	männlich	nein	5,5	13	Zucht
2	Franz. Bulldogge	männlich	nein	1	11	Zucht
3	Franz. Bulldogge	weiblich	nein	1,5	12	Zucht
4	Franz. Bulldogge	weiblich	nein	2,5	10	Zucht
5	Franz. Bulldogge	weiblich	nein	1	7	Zucht
6	Franz. Bulldogge	männlich	nein	4	11	Zucht
7	Franz. Bulldogge	männlich	nein	1	11	Zucht
8	Franz. Bulldogge	weiblich	nein	3	14	Zucht
9	Franz. Bulldogge	männlich	nein	4	14	Zucht
10	Franz. Bulldogge	weiblich	ja	5,5	14	Zucht
11	Franz. Bulldogge	männlich	nein	2,5	11	Zucht
12	Franz. Bulldogge	weiblich	ja	6	13	Zucht
13	Franz. Bulldogge	männlich	ja	5,5	14	Zucht
14	Franz. Bulldogge	weiblich	nein	2	12	Zucht
15	Franz. Bulldogge	weiblich	nein	5	13	Zucht
16	Franz. Bulldogge	männlich	ja	1	10	Zucht
17	Franz. Bulldogge	weiblich	nein	2,5	13	Zucht
18	Franz. Bulldogge	weiblich	nein	5	15	Zucht
19	Franz. Bulldogge	weiblich	ja	10	12	Zucht
20	Boston Terrier	männlich	nein	6	10,5	Zucht
21	Continental Bulldog	weiblich	nein	4,5	23	Zucht

**Tabelle 1:** Demographische Daten der Gruppe B (B = Brachycephaliegruppe), die an der Studie teilgenommen und deren Ergebnisse statistisch ausgewertet wurden.

Nummer	Rasse	Geschlecht	Kastration (ja/nein)	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Herkunft
1	Cocker Spaniel	weiblich	ja	2,5	18	Zucht
2	Cocker Spaniel	männlich	ja	4	13	Zucht
3	Cocker Spaniel	weiblich	nein	4	13	Zucht
4	Cocker Spaniel	weiblich	nein	1	11	Zucht
5	Cairn Terrier	weiblich	nein	3	8	Zucht
6	Cairn Terrier	weiblich	ja	8	9	Zucht
7	Cairn Terrier	weiblich	nein	4,5	10	Zucht
8	Cairn Terrier	männlich	nein	0,5	7	Zucht
9	Cairn Terrier	männlich	nein	1,5	10	Zucht
10	Cairn Terrier	männlich	nein	3,5	9	Zucht
11	Cairn Terrier	männlich	nein	1,5	9	Zucht
12	Cairn Terrier	weiblich	nein	1,5	9	Zucht
13	Cairn Terrier	weiblich	nein	2,5	10	Zucht
14	Cairn Terrier	weiblich	nein	2	9	Zucht
15	Yorkshire Terrier	weiblich	ja	6	1	Zucht
16	Mischling	männlich	ja	5	5	Tierschutz

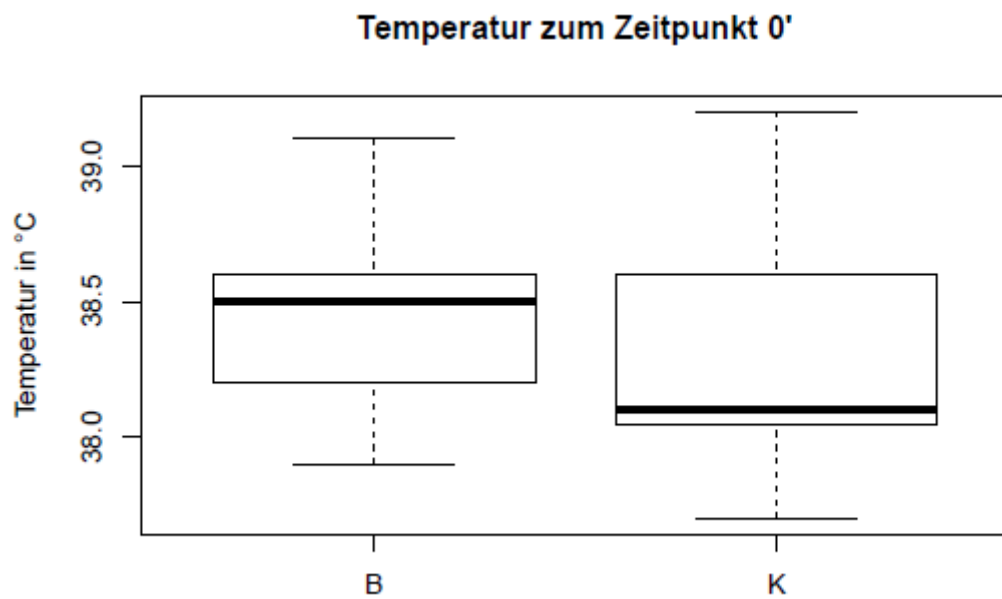
**Tabelle 2:** Demographische Daten der Gruppe K (K = Kontrollgruppe), die an der Studie teilgenommen und deren Ergebnisse statistisch ausgewertet wurden.

## 4.2. Deskriptive Statistik und Interferenzstatistik

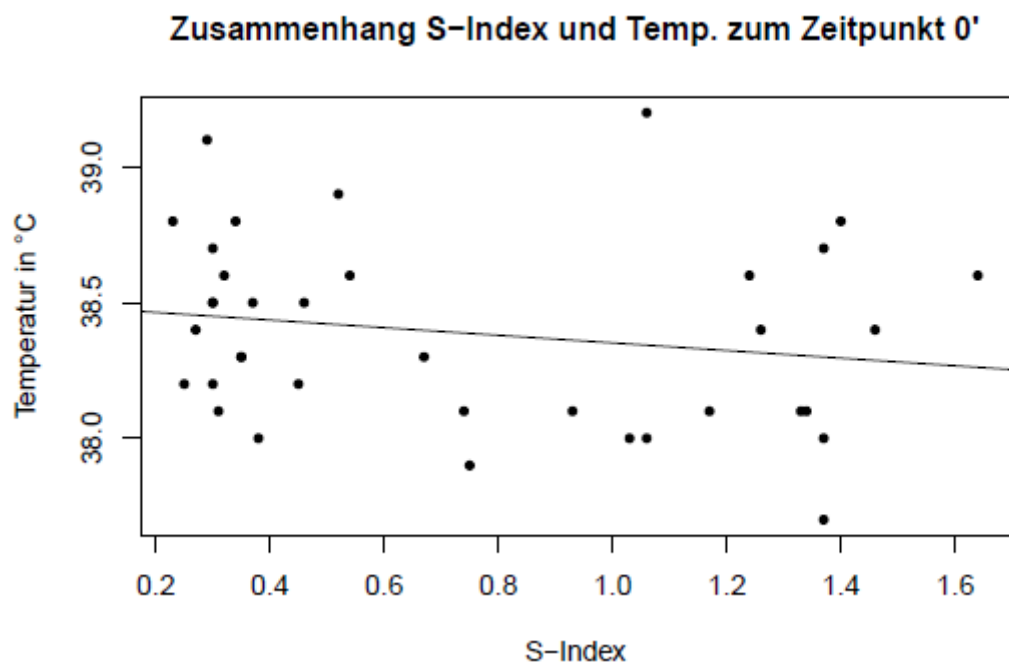
### 4.2.1. Temperatur zu festgelegten Zeitpunkten während eines Belastungstests auf einem Laufband

#### 4.2.1.1. Ergebnisse zum Zeitpunkt nach 0 Minuten

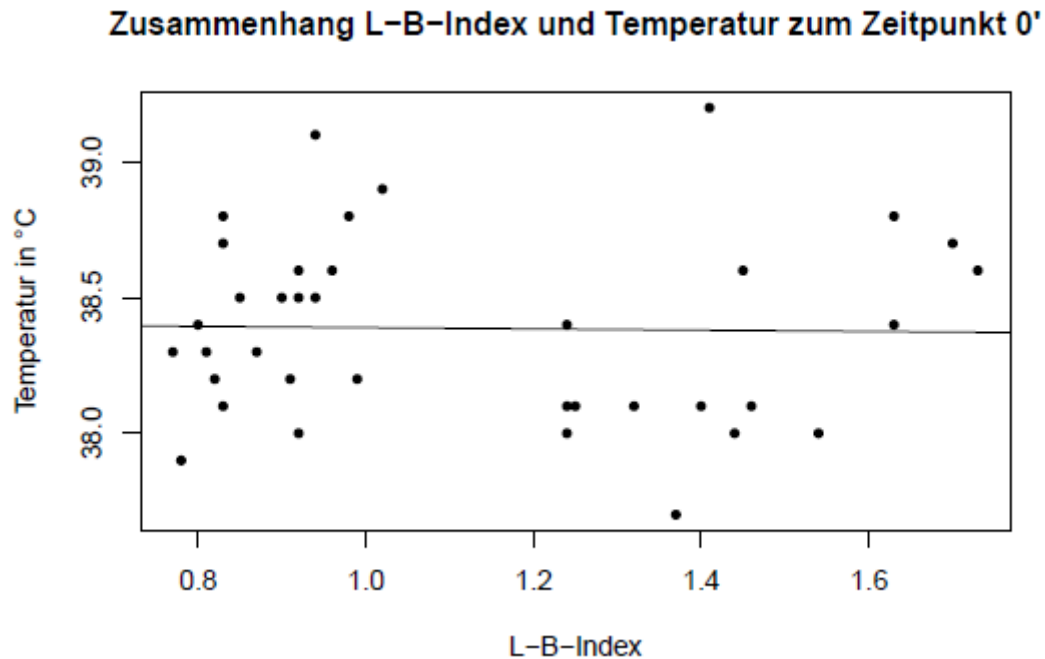
Im Folgenden werden die gewonnen Daten zum Zeitpunkt nach 0 Minuten graphisch dargestellt.



**Abbildung 4:** Vergleich der mittleren gemessenen Temperaturen bei den Hunden der Gruppen B und K zum Zeitpunkt nach 0 Minuten. (B = Brachycephaliegruppe; K = Kontrollgruppe; Angabe in Mittelwerten und Standardabweichung)



**Abbildung 5:** Datenpunkte und lineare Regressionsgerade für den Zusammenhang zwischen dem S-Index und der Temperatur zum Zeitpunkt 0 Minuten.

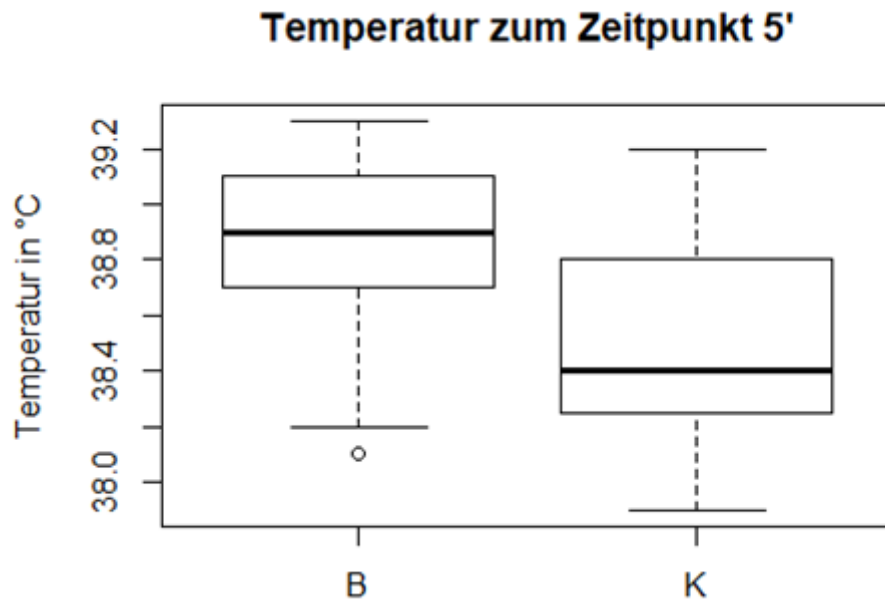


**Abbildung 6:** Datenpunkte und lineare Regressionsgerade für den Zusammenhang zwischen dem Längen-Breiten-Index und der Temperatur zum Zeitpunkt 0 Minuten.

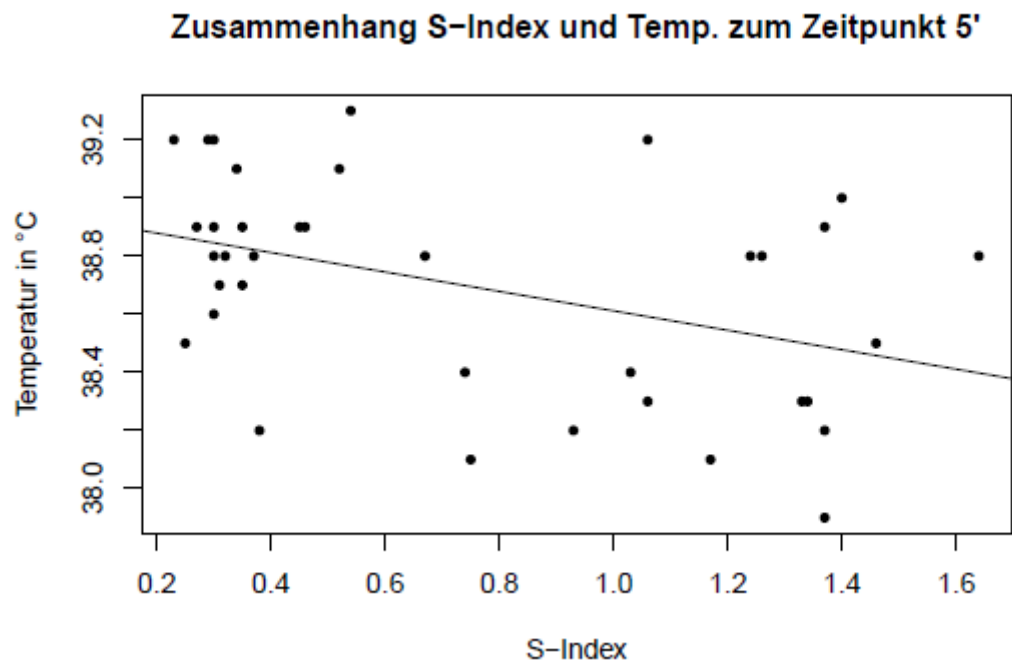
Zum Zeitpunkt 0', also vor dem Laufen, ist im Boxplot in Abb. 1 ein geringer Unterschied zwischen den beiden Gruppen zu erkennen, wobei die Körpertemperatur der brachycephalen Hunde ( $38.45^{\circ} \pm 0.31^{\circ}$ ) im Mittel etwas höher war als diejenigen der Kontrollhunde ( $38.31^{\circ} \pm 0.39^{\circ}$ ). Im Mittel unterschieden sich die beiden Gruppen allerdings nicht statistisch signifikant.

#### **4.2.1.2. Ergebnisse zum Zeitpunkt nach 5 Minuten**

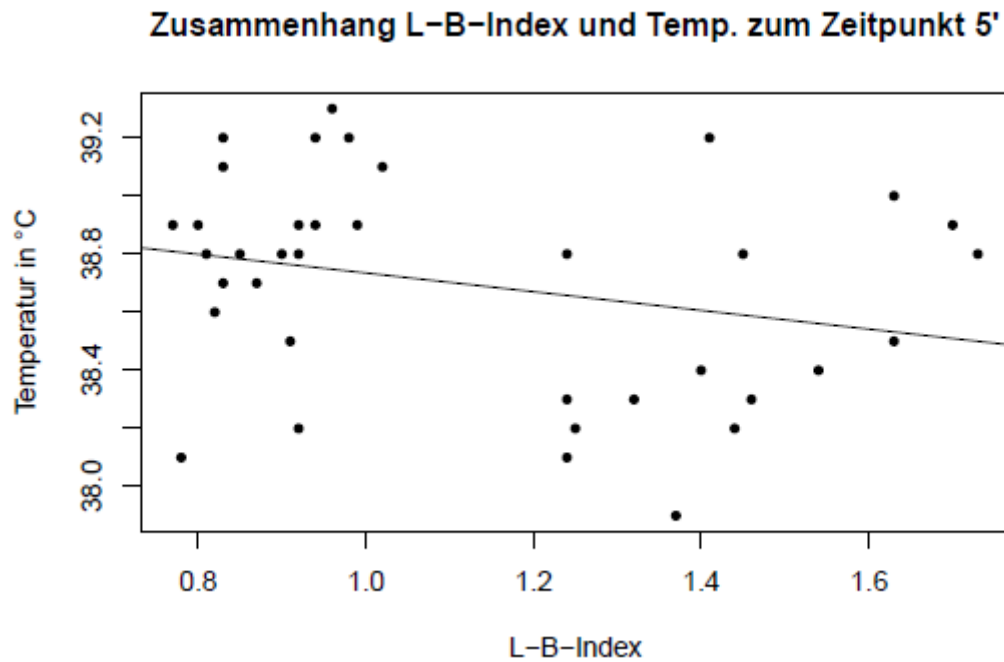
Anschließend werden die Daten zum Zeitpunkt nach 5 Minuten graphisch dargestellt.



**Abbildung 7:** Vergleich der mittleren gemessenen Temperaturen bei den Hunden der Gruppen B und K zum Zeitpunkt nach 5 Minuten. (B = Brachycephaliegruppe; K = Kontrollgruppe; Angabe in Mittelwerten und Standardabweichung)



**Abbildung 8:** Datenpunkte und lineare Regressionsgerade für den Zusammenhang zwischen dem S-Index und der Temperatur zum Zeitpunkt 5'.

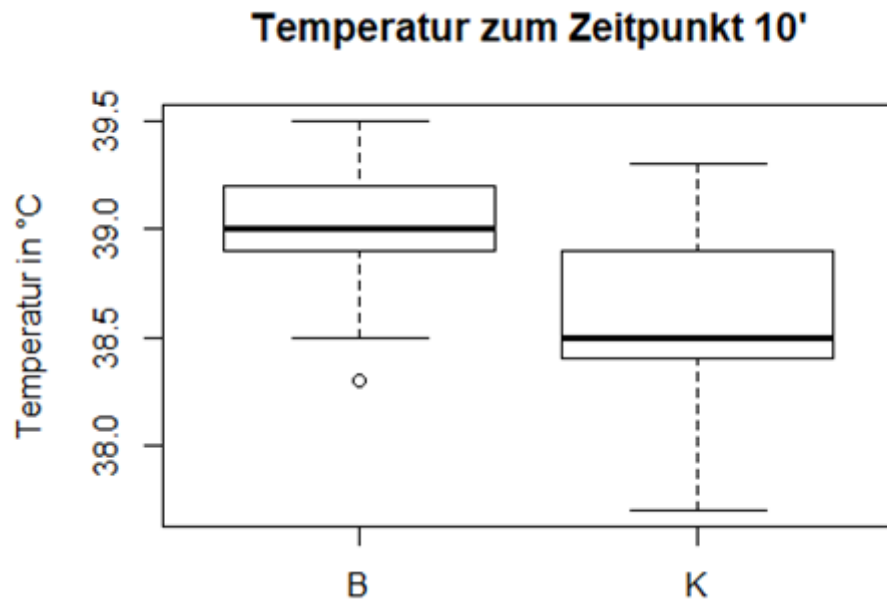


**Abbildung 9:** Datenpunkte und lineare Regressionsgerade für den Zusammenhang zwischen dem Längen-Breiten-Index und der Temperatur zum Zeitpunkt 5'.

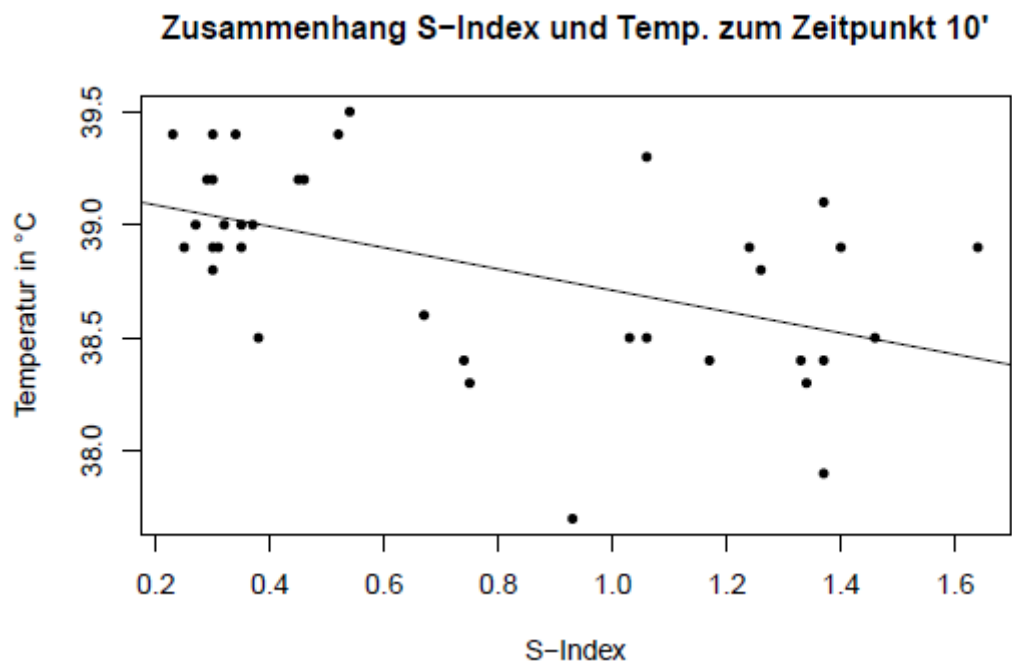
Es war ein statistisch signifikanter Unterschied im Temperaturverlauf zwischen beiden Gruppen (Gruppe B mit  $38.84^{\circ} \pm 0.31^{\circ}$  im Vergleich zu Gruppe K mit  $38.51^{\circ} \pm 0.37^{\circ}$ ) zum Zeitpunkt nach 5 Minuten zu beobachten ( $p = .007$ , Abb. 7). Bezüglich des Zusammenhangs zwischen den beiden radiologisch erhobenen Indices und der Körpertemperatur, konnte zum Zeitpunkt 5 Minuten kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden (Abb. 8 und 9).

#### **4.2.1.3. Ergebnisse zum Zeitpunkt nach 10 Minuten**

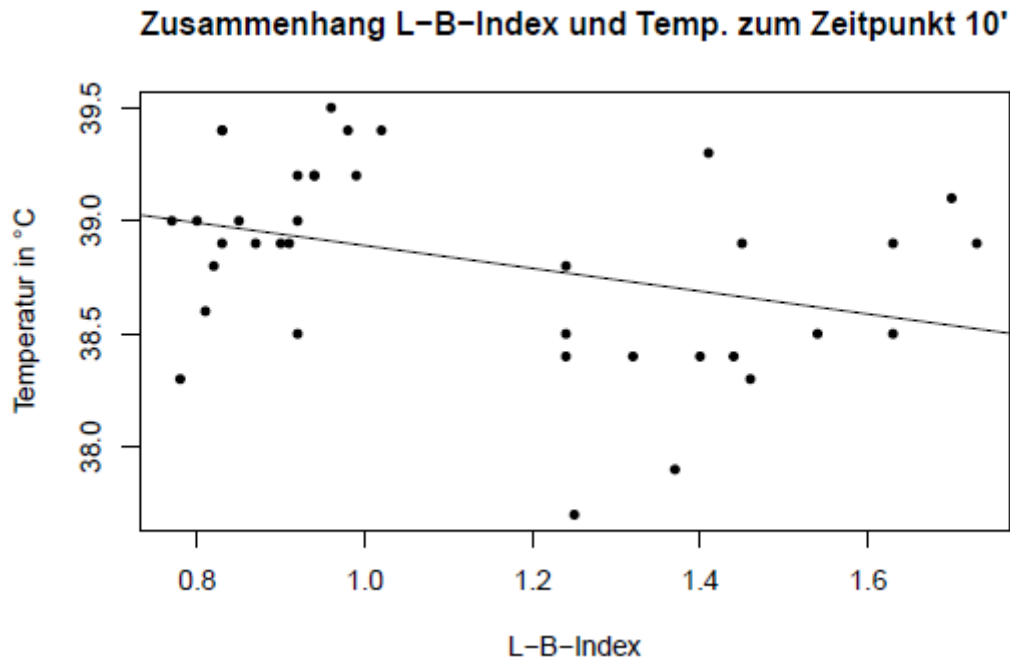
Folglich werden die Daten zum Zeitpunkt nach 10 Minuten graphisch dargestellt.



**Abbildung 10:** Vergleich der mittleren gemessenen Temperaturen bei den Hunden der Gruppen B und K zum Zeitpunkt nach 10 Minuten. (B = Brachycephaliegruppe; K = Kontrollgruppe; Angabe in Mittelwerten und Standardabweichung)



**Abbildung 11:** Datenpunkte und lineare Regressionsgerade für den Zusammenhang zwischen dem S-Index und der Temperatur zum Zeitpunkt 10'.



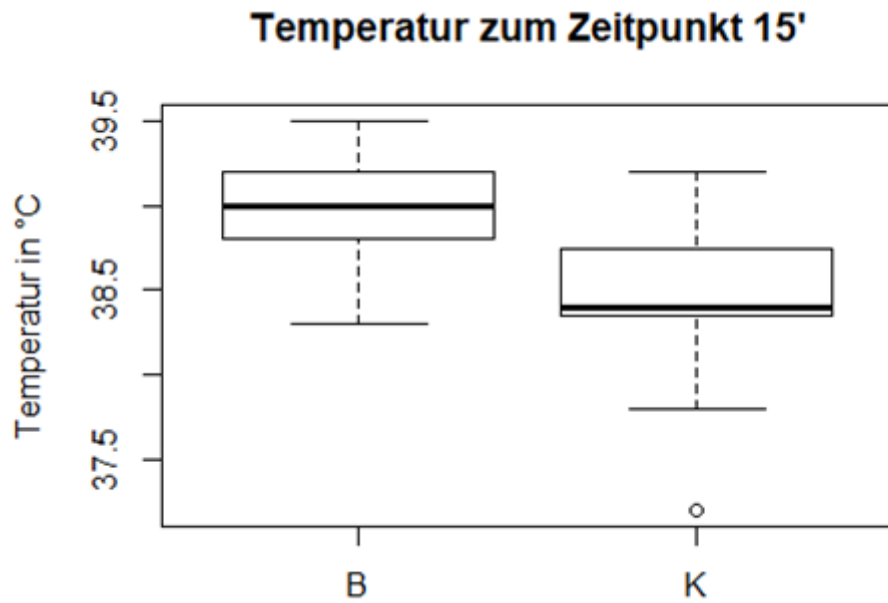
**Abbildung 12:** Datenpunkte und lineare Regressionsgerade für den Zusammenhang zwischen dem Längen-Breiten-Index und der Temperatur zum Zeitpunkt 10'.

Erneut konnte ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe B und K zum Zeitpunkt 10' ( $p < .001$ ) festgestellt werden (Abb. 10). Die Körpertemperatur der kurznasigen Hunde ( $39.03^\circ \pm 0.32$ ) am Ende der kurzen Laufleistung übertraf diejenige der Kontrollgruppe ( $38.56^\circ \pm 0.42^\circ$ ) um rund  $0.5^\circ$ . Der Längen-Breiten-Index zum Zeitpunkt nach 10 Minuten bildet diesen Trend mit signifikantem Unterschied ( $p = .032$ ) ab (Abb. 12), der S-Index jedoch nicht.

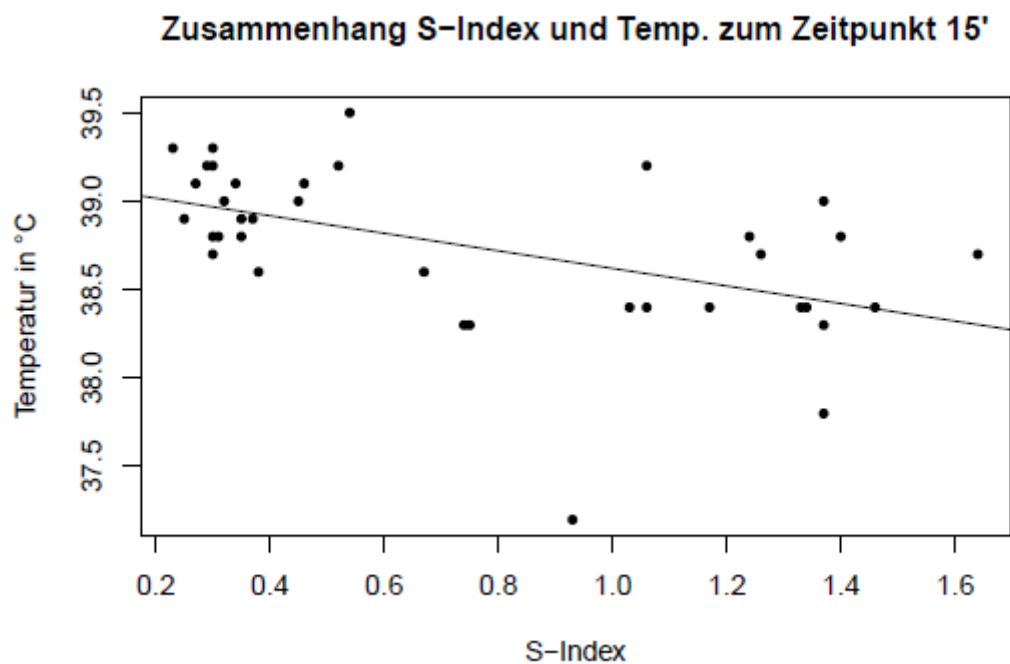
#### 4.2.1.4. Ergebnisse zum Zeitpunkt nach 15 Minuten

Es folgt die graphische Darstellung der erhobenen Daten zum Zeitpunkt nach 15 Minuten.

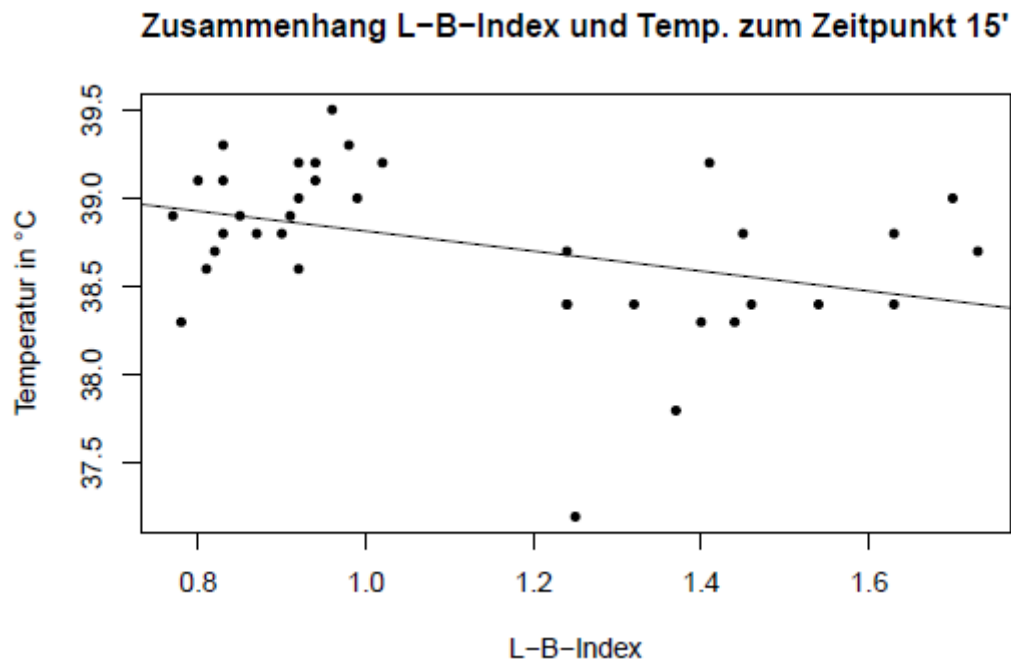




**Abbildung 13:** Vergleich der mittleren gemessenen Temperaturen bei den Hunden der Gruppen B und K zum Zeitpunkt 10 Minuten. (B = Brachycephaliegruppe; K = Kontrollgruppe; Angabe in Mittelwerten und Standardabweichung)



**Abbildung 14:** Datenpunkte und lineare Regressionsgerade für den Zusammenhang zwischen dem S-Index und der Temperatur zum Zeitpunkt 15'.

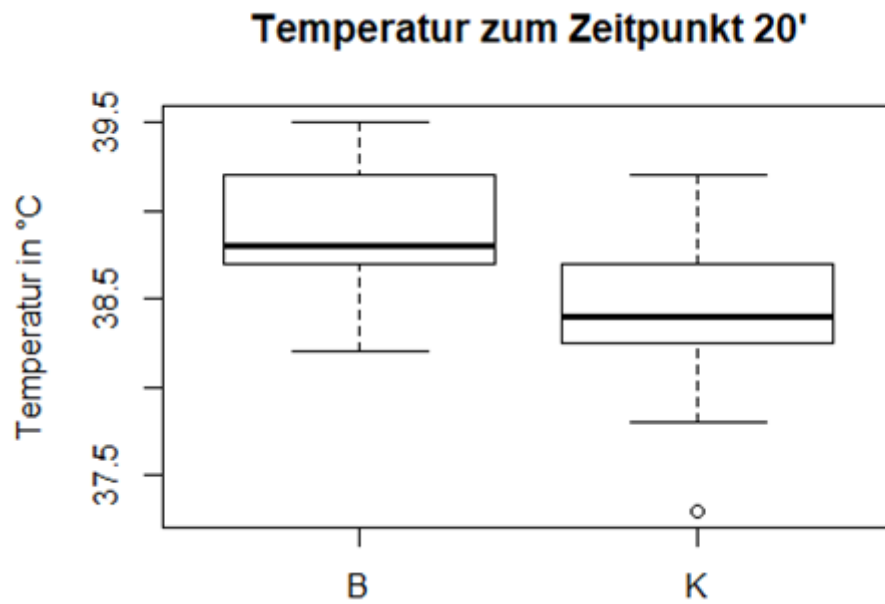


**Abbildung 15:** Datenpunkte und lineare Regressionsgerade für den Zusammenhang zwischen dem Längen-Breiten-Index und der Temperatur zum Zeitpunkt 15'.

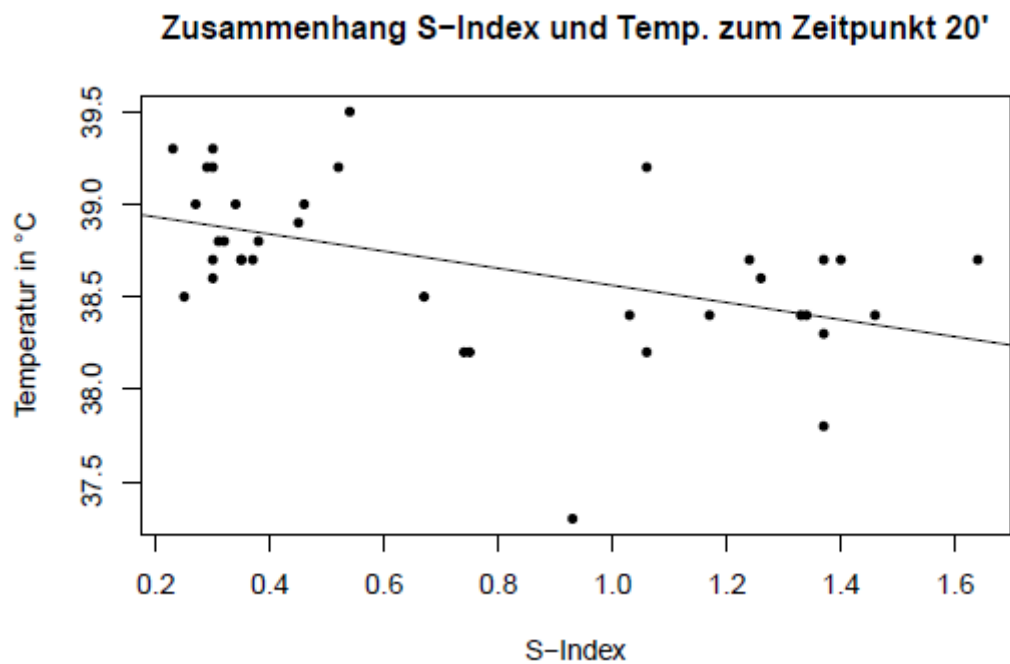
Auch nach 15 Minuten, somit während der Erholungszeit, lässt sich im Temperaturverlauf ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Brachycephaliegruppe ( $38.97^{\circ} \pm 0.28^{\circ}$ ) und der Kontrollgruppe ( $38.45^{\circ} \pm 0.47^{\circ}$ ) feststellen ( $p < .001$ ), welcher sogar noch etwas höher ausfiel als am Ende der Laufleistung (Abbildung 13). Knapp konnte kein Zusammenhang zwischen dem Längen-Breiten-Index und der Körpertemperatur zu diesem Zeitpunkt gefunden werden ( $p = .057$ ).

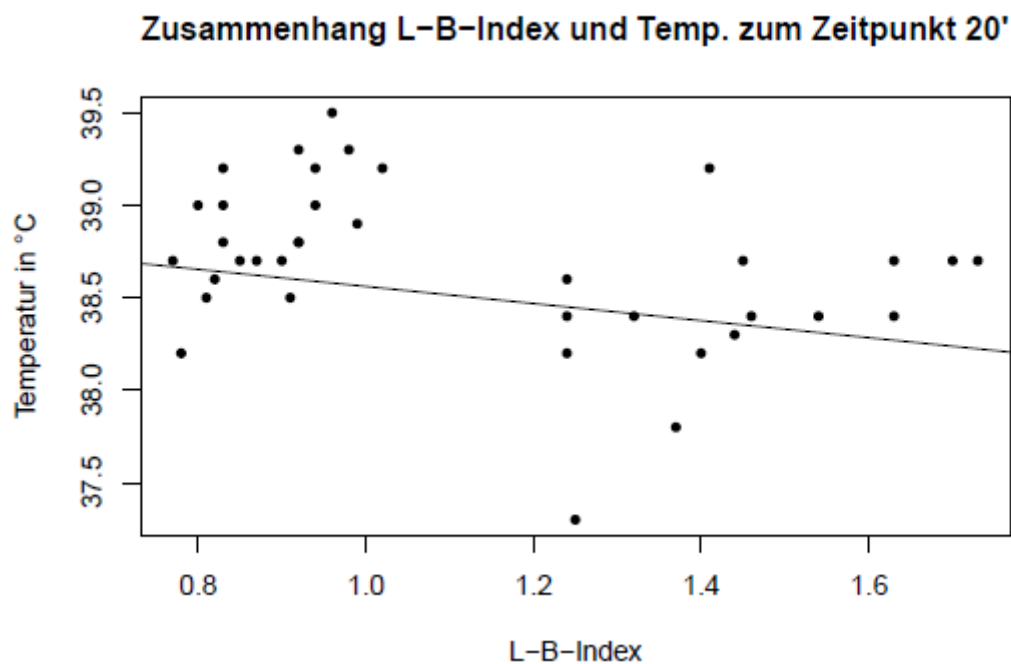
#### 4.2.1.5. Ergebnisse zum Zeitpunkt nach 20 Minuten

Nach 20 Minuten konnten folgende Daten erhoben werden, die anschließend graphisch dargestellt werden.



**Abbildung 16:** Vergleich der mittleren gemessenen Temperaturen bei den Hunden der Gruppen B und K zum Zeitpunkt 20 Minuten. (B = Brachycephaliegruppe; K = Kontrollgruppe; Angabe in Mittelwerten und Standardabweichung)





**Abbildung 18:** Datenpunkte und lineare Regressionsgerade für den Zusammenhang zwischen dem Längen-Breiten-Index und der Temperatur zum Zeitpunkt 20'.

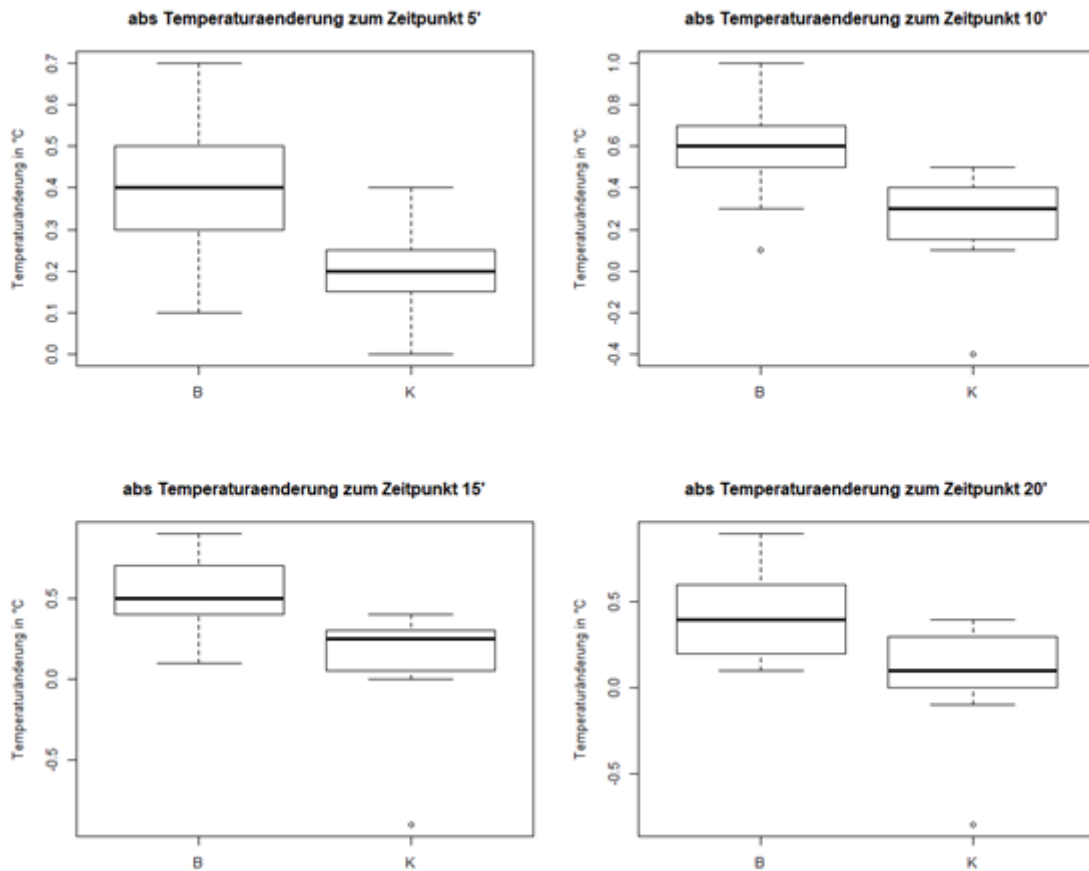
Nach 20 Minuten und damit dem Ende der Erholungsphase war der Unterschied zwischen der Brachycephaliegruppe ( $38.89^\circ \pm 0.32$ ) und der Kontrollgruppe ( $38.40^\circ \pm 0.42^\circ$ ) hinsichtlich des Temperaturverlaufes als statistisch signifikant anzusehen ( $p < .001$ ), (Abbildung 16). Mit dem Längen-Breiten-Index konnte dieser Unterschied bestätigt werden ( $p = .017$ , Abbildung 18).

#### 4.2.2. Absolute Temperaturänderung bezogen auf die Ausgangstemperatur zu festgelegten Zeitpunkten

Nachfolgend wird die Temperaturänderung zum Zeitpunkt nach 5, 10, 15 und 20 Minuten jeweils bezugnehmend auf die Ausgangstemperatur nach 0 Minuten in einer Tabelle dargestellt und nachfolgend visualisiert.

	<b>5 min</b>	<b>10 min</b>	<b>15 min</b>	<b>20 min</b>
B Gruppe	$0.39^\circ \pm 0.17^\circ$	$0.59^\circ \pm 0.20^\circ$	$0.52^\circ \pm 0.20^\circ$	$0.44 \pm 0.24^\circ$
K Gruppe	$0.20^\circ \pm 0.12^\circ$	$0.25^\circ \pm 0.22^\circ$	$0.14^\circ \pm 0.31^\circ$	$0.09^\circ \pm 0.28^\circ$
p -Wert	$< 0.001$	$< 0.001$	$< 0.001$	$< 0.001$

**Tabelle 3:** Absolute Temperaturänderung bezogen auf den Ausgangswert 0' bei den Gruppen B und K zu verschiedenen Zeitpunkten; Angaben in Mittelwerten und Standardabweichung.



**Abbildung 19:** Absolute Temperaturänderung bezogen auf den Ausgangswert 0' bei den Gruppen B und K zu verschiedenen Zeitpunkten; Angaben in Mittelwerten und Standardabweichung (B = Brachycephaliegruppe; K = Kontrollgruppe).

Es ist zu sehen, dass der mittlere Temperaturunterschied zunehmend zum Ausgangswert bei den brachycephalen Tieren über dem der langnasigen liegt. Auch hier unterscheiden sich die Körpertemperaturen relativ zur Körpertemperatur zum Zeitpunkt 0' der beiden Gruppen im Mittel statistisch signifikant voneinander (Zeitpunkt 5':  $p < .001$ ; Zeitpunkt 10':  $p < .001$ ; Zeitpunkt 15':  $p < .001$ ; Zeitpunkt 20':  $p < .001$ ).

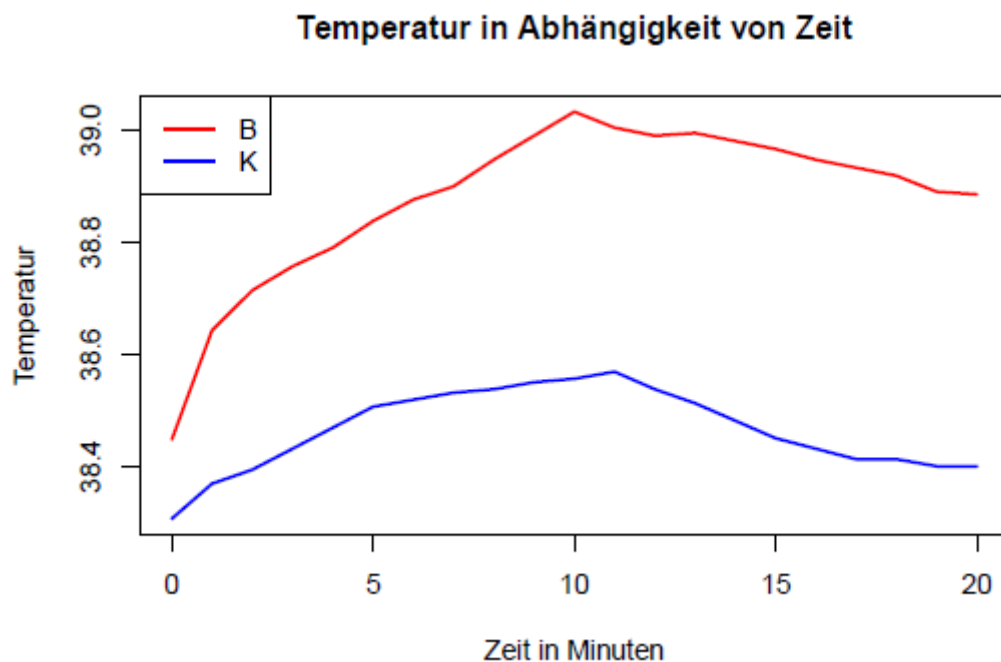
#### 4.2.3. Gesamttemperaturverlauf

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Verlauf der mittleren Körpertemperatur über die Dauer der zehnminütigen Belastungsphase auf dem Laufband und der daran anschließenden

ebenfalls zehnmütigen Erholungsphase hinweg. Dabei wird eine Unterscheidung zwischen dem absoluten und dem relativen Temperaturverlauf vorgenommen.

#### 4.2.3.1. Absoluter Temperaturverlauf

Die nachfolgende Abbildung (Abb. 20) zeigt den Verlauf der mittleren Körpertemperatur über die Dauer der zehnmütigen Belastungsphase auf dem Laufband und der daran anschließenden ebenfalls zehnmütigen Erholungsphase hinweg.

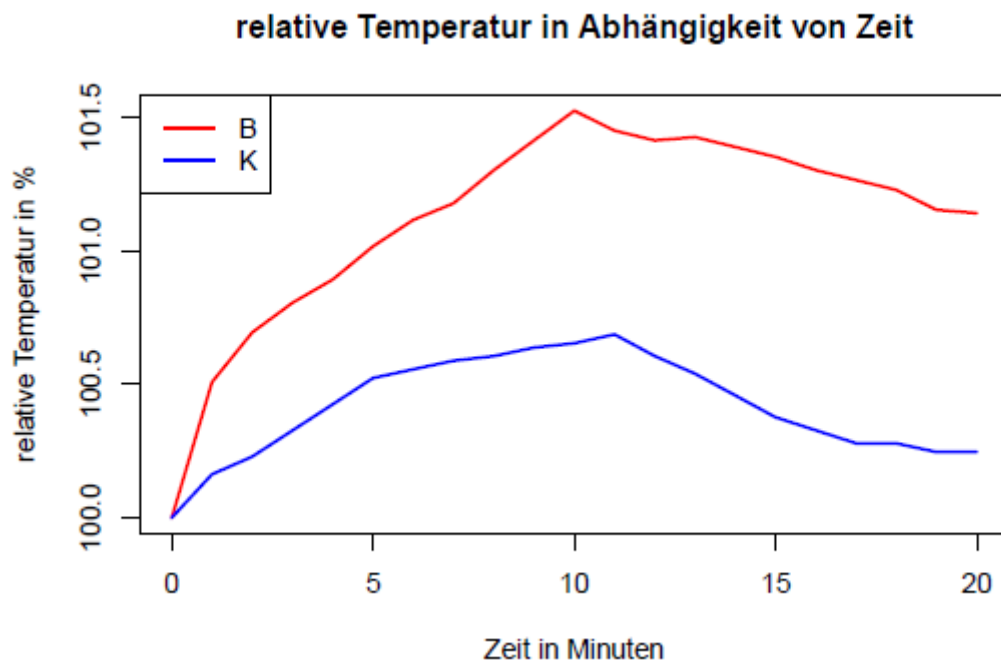


**Abbildung 20:** Gesamtverlauf der absoluten, mittleren Temperatur während der zehnmütigen Belastungsphase auf dem Laufband und anschließenden zehnmütigen Erholungsphase. (B = Brachycephaliegruppe; K = Kontrollgruppe)

Es ist zu sehen, dass die Vertreter aus der brachycephalen Gruppe bereits mit einer höheren mittleren Körpertemperatur starten. Außerdem ist auch ein stärkerer Temperaturanstieg zu beobachten. Bei beiden Gruppen ist ein Höhepunkt zum Zeitpunkt 10' zu erkennen, hier endet der Lauf. In der nachfolgenden Abkühlungsphase ist ein stärkerer Abfall in der Kontrollgruppe zu erkennen.

#### 4.2.3.2. Relativer Temperaturverlauf

Da sich die Startwerte 0' innerhalb der beiden Gruppen unterscheiden und der Verlauf somit optisch schwer vergleichbar ist, werden nachfolgend die relativen Temperaturänderungen der zwei miteinander zu vergleichenden Gruppen visualisiert.



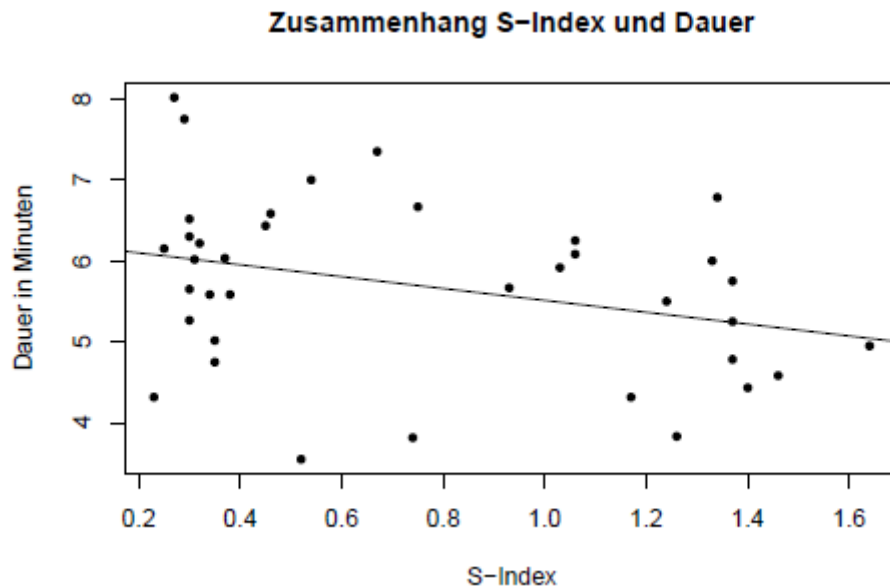
**Abbildung 21:** Gesamtverlauf der relativen, mittleren Temperatur während der zehnminütigen Belastungsphase auf dem Laufband und anschließenden zehnminütigen Erholungsphase. (B = Brachycephaliegruppe; K = Kontrollgruppe)

Abbildung 21 zeigt nun noch deutlicher, dass der Temperaturanstieg während der Belastungsphase auf dem Laufband bei den Vertretern der brachycephalen Gruppe rasanter vonstatten geht als bei der Kontrollgruppe. Nach 10', also am Ende der Laufbandphase, liegt die mittlere Körpertemperatur bei den kurznasigen Hunden  $0.6^{\circ}$  (1.5%) über dem Startwert, die der langnasigen allerdings nur bei etwa  $0.25^{\circ}$  (0,7%). Es ist außerdem erkennbar, dass die Kontrollgruppe nach der zehnminütigen Abkühlungsphase mit einem positiven Unterschied von  $0.09^{\circ}$  beinahe auf die ursprüngliche Körpertemperatur abkühlen. Der Endwert ist nur um  $0,2\%$  höher. Bei der Gruppe der kurznasigen Hunde liegt die Temperatur nach zwanzig Minuten im Mittel noch immer  $0.44^{\circ}$  (1.1%) über der Ausgangstemperatur.

#### 4.2.4. Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Lauftests und den radiologisch erhobenen Indices

##### 4.2.4.1. Zusammenhang mit dem Schädelindex (S-Index)

Es wird hier der Zusammenhang zwischen der Zeit für das Absolvieren des Lauftests und dem S-Index (Schädelindex) beschrieben.

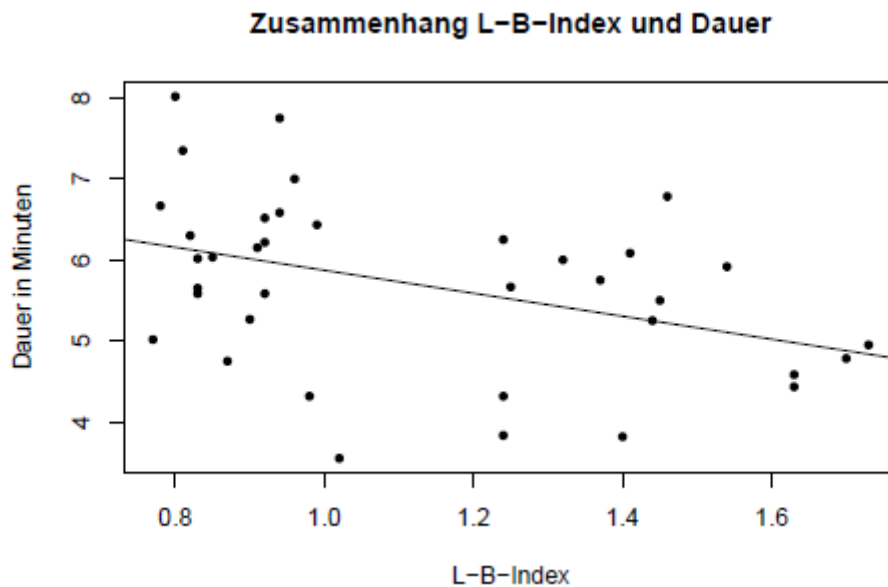


**Abbildung 22:** Datenpunkte und lineare Regressionsgerade für den Zusammenhang zwischen der Dauer in Minuten um eine Strecke von einem Kilometer Länge zurückzulegen und dem Schädelindex.

Alle Koeffizienten in der Regression waren nicht statistisch signifikant. Die Ergebnisse der Regression wiesen auf keinen Zusammenhang zwischen dem Schädelindex und der benötigten Zeit, eine Strecke von einem Kilometer Länge zurückzulegen, hin, auch wenn die Hunde in einer Gruppe summiert wurden.



#### 4.2.4.2. Zusammenhang mit dem Längen-Breiten-Index (LW-Index)



**Abbildung 23:** Datenpunkte und lineare Regressionsgerade für den Zusammenhang zwischen der Dauer in Minuten um eine Strecke von einem Kilometer Länge zurückzulegen und dem Längen-Breiten-Index.

Erneut sind alle Koeffizienten in der Regression nicht statistisch signifikant. Die Ergebnisse der Regression deuten auf keinen Zusammenhang zwischen der benötigten Zeit eine Strecke von einem Kilometer Länge zurückzulegen und dem Längen-Breiten-Index, unter der Berücksichtigung der Gruppenzugehörigkeit, hin.

## 5. Diskussion

### 5.1. Diskussion der Methode

Hinterfragt man die oben beschriebene Studie kritisch, müssen unweigerlich Limitationen angesprochen werden. Die Anzahl der an der Studie teilgenommenen Hunde, sowohl in der Brachycephalen-, als auch in der Kontrollgruppe, ist als recht niedrig anzusprechen. Außerdem wurden mehr brachycephale Hunde als Kontrolltiere untersucht. Begründet liegt das in der Tatsache, dass es sich bei allen Hunden um Patienten der Überweisungspraxis „Daniel Koch Kleintierchirurgie AG“ handelt, die an den für die Studie festgelegten Terminen verfügbar sein mussten. Des Weiteren wurden fast überwiegend Französische Bulldoggen als Vertreter der Brachycephalengruppe gewählt, was ebenfalls aus Gründen der Verfügbarkeit geschah. Demnach können die Ergebnisse der Studie nicht unmittelbar auf andere Vertreter brachycephaler Rassen übertragen werden.

Bei der Studienteilnahme von Hunden, die bereits anamnestisch massive respiratorische Probleme zeigen, wäre eine sehr fordernde Versuchsanordnung mit Risiken behaftet gewesen. Dies war der Grund, weshalb die körperliche Belastung niedrig gewählt wurde. Die teilnehmenden Hunde mussten auf dem Laufband im schnellen Schritt zehn Minuten gehen. Dies stellte für mesocephale Hunde bei Weitem keine außerordentliche Belastung dar. Trotzdem konnte festgestellt werden, dass die Mehrheit der brachycephalen Hunde bereits diese körperliche Aktivität nur mit massiver Anstrengung, die sich in Form von Hecheln und Abbruchversuchen manifestierte, bewerkstelligen konnten. Somit wäre der Versuch mit kurznasigeren Hunden oder Vertretern mit vorberichtlich massiven respiratorischen Problemen aus ethischer Sicht nicht vertretbar gewesen und hätte keine Erlaubnis bei der Ethikkommission bekommen. Es kann ebenso davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse vergleichbar oder gar deutlicher ausgefallen wären, wenn auch andere brachycephale Rassen, allen voran Möpse, die in der Regel sehr deutliche Symptome im Rahmen des BAS zeigen (Fasanella, Shivley et al. 2010, O'Neill, Jackson et al. 2015), im Zuge der durchgeführten Studie untersucht worden wären.

Bei dem Großteil der untersuchten Hunde handelt es sich um Geschwister, da einige an der Studie interessierte Züchter mit Wurfgeschwistern vorstellig wurden. Somit muss bei der Interpretation der Ergebnisse bedacht werden, dass das genetische Material der untersuchten

Hunde nicht sehr heterogen gewählt wurde und die Resultate aufgrund von genetischer Gemeinsamkeiten verfälscht sein können.

Vergleicht man die demographischen Daten, fällt auf, dass in der Gruppe der brachycephalen Hunde mehr weibliche als männliche Tiere untersucht wurden. In einigen Studien wurde eine höhere Prävalenz, am „Brachycephalen Atemnotsyndroms“ (BAS) zu erkranken, für männliche Hunde angegeben (Poncet, Dupre et al. 2005, Poncet 2006, Huck 2008). In diesem Zusammenhang ist davon auszugehen, dass bei einer homogeneren Gruppe und somit mehr männlichen Vertretern, die Resultate entsprechend schlechter ausgefallen wären. Da eine andere Studie allerdings für weibliche Tiere eine höhere Prävalenz anzeigt, bleibt diese Vermutung rein hypothetisch (Torrez 2006).

Zur Messung der inneren Körpertemperatur wurde eine Temperatursonde verwendet. Diese wurde bis auf Höhe der letzten Rippe, nach vorherigem Aufbringen von Gleitgel, vorgeschoben. Da eine Fixation der Sonde an Rute oder in Anusnähe bei den ersten zwei gemessenen Hunden zu Abwehrreaktionen und Messunterbrechungen führte, wurde nachfolgend darauf verzichtet. Daraufhin tolerierten alle Hunde die Sonde tadellos. Das permanente Verbleiben der Sonde im Enddarm stellt aus unserer Sicht ein schonenderes und für den Hund angenehmeres Vorgehen im Vergleich zu wiederholten Temperaturmessungen mittels eines im Durchmesser deutlich größeren Thermometers dar.

Im Zuge der Temperaturmessung auf dem Laufband konnte ein Anstieg der inneren Körpertemperatur festgestellt werden. Dieser kann das Resultat der höheren körperlichen Belastung darstellen, ein stressbedingter Anstieg kann aber nicht vollends ausgeschlossen werden. Allerdings zeigen die Ergebnisse, dass der Temperaturanstieg in beiden Gruppen nach zehn Minuten seinen Höhepunkt erreicht hat. Es ist davon auszugehen, dass sich der Stresspegel der Hunde nach wenigen Minuten reduzieren oder sogar legen sollte und nicht kontinuierlich ansteigt. Zu erwähnen ist außerdem, dass keiner der untersuchten Hunde ein Laufen auf einem Laufband gewohnt war. Alle Hunde, bis auf einen Vertreter in der Brachycephalengruppe, tolerierten das Laufband nach einer kurzen Eingewöhnungsphase tadellos; trotzdem müssen charakterliche Unterschiede in Betracht gezogen werden, die mit einem individuellen Stresspegel einhergehen. Um diesen Pegel so niedrig als möglich zu halten waren die Besitzer bei der Untersuchung dabei, außerdem durften die Hunde sich im Zuge der Eingewöhnungsphase frei im Raum bewegen und konnten sich an das Laufband

gewöhnen. Der erwähnte Hund, der das Gehen auf dem Laufband nicht tolerierte, wurde von der Studie ausgeschlossen.

Zum Lauftest, bei dem eine Strecke von einem Kilometer so schnell als möglich zurückgelegt wurde, muss angemerkt werden, dass viele Hunde wenig motiviert waren schnellstmöglich zu laufen. Ursächlich hierfür war, dass einige Hunde sich ungern vom Besitzer fortbewegen wollten, andere ließen sich von Umwelteinflüssen während des Laufens ablenken. Es ist insgesamt davon auszugehen, dass einige Hunde ein durchaus schnelleres Ergebnis hätten erzielen können, was bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen ist. Dieser Test fand nach der Temperaturmessung auf dem Laufband statt. Zwischen beiden Untersuchungen konnten sich die Hunde frei, im Beisein ihrer Besitzer, bewegen, es wurde auch Wasser ad libitum zur Verfügung gestellt. Die Besitzer erteilten die Freigabe zur Durchführung des Lauftests. Festgelegte Ruhezeiten wurden allerdings nicht festgelegt.

Als Letztes wurden die Röntgenaufnahmen angefertigt. Für eine hierfür notwendige Sedation lag von Seiten der Behörde, welche den Tierversuchsantrag unterzeichnete, eine Erlaubnis vor, ebenso wie von den Tierbesitzern. Da die Hunde wegen des vorab durchgeführten Lauftests allerdings müde waren, konnte in allen Fällen auf eine Sedierung verzichtet werden. Ebenso wurde die Lagerung für die Hunde dahingehend erleichtert, als dass mit Styroporkissen ein Podest gebaut wurde, auf welches der Kopf der Hunde platziert wurde. Der Verzicht auf eine Sedation bei gleichzeitig erfolgreicher Röntgenuntersuchung kann als praktische Anwendung der 3R Prinzipien bezeichnet werden, entsprechend eines „Refinements“ der wissenschaftlichen Methodik (Guhad 2005).

## **5.2. Diskussion der Resultate**

Die Hypothese der durchgeführten Studie lautete, dass kurznasige Hunde unter Belastung höhere Körpertemperaturen generieren als eine Kontrollgruppe, bestehend aus Hunden nicht-brachycephaler Rassen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die rektal gemessene Körpertemperatur kurznasiger Hunde sowohl in Ruhe, als auch während des Laufens auf einem Laufband zu jedem Zeitpunkt höher war, als diejenige der Kontrolltiere, was somit die oben genannte Hypothese stützt. Die maximal erreichte innere Körpertemperatur wurde in beiden Gruppen zum Zeitpunkt nach

zehn Minuten auf dem Laufband erreicht. Hier endet der Test auf dem Laufband. Wie bereits in der Diskussion der Methode erwähnt, ist die gewählte körperliche Belastung auf dem Laufband als sehr moderat einzustufen. Nichtsdestotrotz konnten wir bereits bei dieser Belastung feststellen, dass die Hunde der Brachycephalengruppe im Zuge der Erholungsphase in ihrem Allgemeinverhalten reduziert wirkten, ruhig da standen und vermehrt hechelten, um ihre Temperatur zu senken (s. Anhang 2). Es ist davon auszugehen, dass bei einer längeren oder intensiveren körperlichen Belastung ein weiterer Temperaturanstieg zu verzeichnen wäre, was in der Folge, oftmals im Zusammenhang mit zusätzlich bestehenden hohen Außentemperaturen, zu lebensgefährlichen Überhitzungen und Atemnot führen kann (Flournoy 2003, Bruchim 2006, Bach 2007).

Ebenso wurde postuliert, dass kurznasige Hunde in der Erholungsphase längere Zeit benötigen, um ihre Ausgangstemperatur zu erreichen. Auch dies konnte im Zuge unserer durchgeführten Studie bewiesen werden: Während sich die langnasigen Hunde innerhalb der zehnminütigen Erholungsphase beinahe auf die ursprüngliche Körpertemperatur abkühlen konnten – der Endwert lag nur  $0.09^{\circ}$  über dem Ausgangswert - lag die Endtemperatur der kurznasigen Hunde nach zwanzig Minuten im Mittel noch immer  $0.44^{\circ}$  über der Ausgangstemperatur. Es ist somit ersichtlich, dass hinsichtlich des Phänotyps eine Korrelation herrschen muss.

Wenn man auf die individuellen Werte eingeht, sieht es anders aus, so konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen einem erhöhten Schädelindex (S-Index) und auf dem Laufband erzielten erhöhten inneren Körpertemperaturen gefunden werden, lediglich war eine Gruppenzugehörigkeit ab Minute 10 ersichtlich. Grund hierfür können, neben individueller Fitness, komplexe und individuelle Veränderungen in der Nasenhöhle sein, die in keiner Proportionalität zu der Länge des Gesichtsschädels stehen. Um dies zu verifizieren, müssten computertomographische und endoskopische Untersuchungen der Nasenhöhle stattfinden und anschließend Parameter bestimmt werden, die Aufschluss über das Volumen funktionsfähiger Conchen geben.

Zwischen dem radiologisch bemessenen Längen-Breiten-Index (LW-Index) und der auf dem Laufband erzielten inneren Körpertemperatur lässt sich anhand der Ergebnisse ein Zusammenhang vermuten. Um dies endgültig zu bestätigen, wäre ein erneuter Versuch mit einer längeren und physisch anstrengenderen Belastung unter Berücksichtigung des Längen-Breiten-Index (LW-Index) der Patienten interessant.

Es konnte kein Zusammenhang zwischen der benötigten Zeit eine Strecke von einem Kilometer Länge zurückzulegen und einem der beiden radiologischen Indices gefunden werden. Dieses Ergebnis stellt derzeit gängige Leistungstests diverser Rasseclubs in Frage. Hierauf wird im Kapitel 3.2.3., Ableitungen für künftige Zuchtbemühungen, näher eingegangen.

### **5.2.1. Bedeutung für die Pathogenese des BAS**

Überträgt man die gewonnenen Resultate auf die bisherige Lehrmeinung zur Pathogenese des BAS, stellt man unweigerlich fest, dass die Rolle der Thermoregulation lange Zeit außer Acht gelassen wurde. Die als primäre Merkmale bezeichneten anatomischen Veränderungen kurznasiger Hunde, wie stenotische Nares und ein überlanges Gaumensegel, erklären den in unserer Studie nachgewiesenen Temperaturanstieg bei moderater körperlicher Anstrengung nur unzureichend. Ein logischer Zusammenhang entsteht nur dann, wenn die auf Grund der Nasenkürzung verkleinerte thermoregulatorisch wirksame Oberfläche der feinstrukturierten Nasenmuscheln als Erklärung für den erhöhten Temperaturanstieg und die langsamere Erholung bei den brachycephalen Hunden unserer Studie beigezogen wird. Summarische Aussagen anderer Autoren über die Wichtigkeit der Nasenhöhle in der Pathogenese des BAS (Oechtering, Oechtering et al. 2007, Walter 2008, Schuenemann 2014, Oechtering, Pohl et al. 2016) bekommen hiermit eine wissenschaftliche Stütze und Objektivität.

Demnach sollte folgende mögliche Pathogenese des Syndroms in Betracht gezogen werden: Aufgrund fehlender evaporativer Naseninnenflächen müssen kurznasige Hunde bei körperlicher Anstrengung größere Atemarbeit leisten, um die im Körper assimilierte Hitze adäquat mittels Hecheln abzuatmen. Aus diesem Grund wird bei den brachycephalen Hunden meist ein tonnenförmiger Brustkorb und eine überproportional entwickelte äußere Atemmuskulatur beobachtet. Oftmals wird auch eine abduzierte Haltung der Vordergliedmaßen beschrieben, was ebenfalls einer erleichterten Atmung dient (Fasanella, Shivley et al. 2010). Der dabei entstehende erhöhte Atemwiderstand wurde nachgewiesen (Koch, Wiestner et al. 2018). Er induziert das Ziehen von flexiblem Weichteilgewebe ins Lumen der Atemwege, wodurch es zu einer weiteren Obstruktion kommt, die sich in Form von Merkmalen wie einem verlängertem und verdicktem Gaumensegel, evertierten Kehlkopftaschen und Mandeln und auch vermehrt stenotischen Nares manifestiert. Demnach wären diese Merkmale alle als sekundär anzusprechen. Hinweise hierzu kann man an Welpen

kurznasiger Rassen erkennen. Betrachtet man adspektorisch die Nares, fällt auf, dass die Atemwege in diesem Bereich verhältnismäßig weiter sind als bei adulten Tieren, was ebenso die These des sekundären Merkmals stützt (Anhang 3). Somit widerspricht unsere Hypothese zur Pathogenese der gängigen Lehrmeinung, wonach das BAS das Resultat einer primären mechanischen Obstruktion sei.

### **5.2.2. Bedeutung für die Therapie des BAS**

Die oben erwähnte Postulierung einer alternativen Pathogenese könnte bedeutsame Veränderungen bei der chirurgischen Therapie des BAS nach sich ziehen und stellt eine mögliche Erklärung dar, weshalb chirurgische Therapien oftmals nicht mit einer exzellenten Verbesserung der klinischen Symptome oder zu einer mit der Zeit ersichtlichen erneuten Verschlechterung einhergehen (Harvey 1982, Aron and Crowe 1985, Hendricks 1992, Lorinson, Bright et al. 1997, Liu, Oechtering et al. 2017). Unserer Theorie folgend führt eine chirurgische Erweiterung der Nares, ein Kürzen und Ausdünnen des Gaumensegels und eine Exzision evertierter Kehlkopftaschen, wie sie vielerorts die Methode der Wahl darstellt, nur zu einem kurzfristigen Erfolg, da damit nur die sekundären Merkmale behoben werden. Mit der Zeit kommt es aber zu einem erneuten strömungstechnischen Zug des Weichteilgewebes in den Luftstrom, wodurch es zu Rezidiven kommt und Revisionsoperationen notwendig werden. Dieser Zusammenhang wird durch Studienergebnissen einschlägiger Literatur (Lodato and Hedlund 2012, Liu, Oechtering et al. 2017) gestützt.

Ein bestehender Lösungsansatz besteht in der überkompensatorischen Öffnung der oberen Atemwege, insbesondere an den Engstellen in der Nasenpassage. Als Vorreiter in diesem Bereich ist die Arbeitsgruppe um Professor Oechtering aus Leipzig zu nennen, die mit Einführung der „laser-assisted turbinectomy“ (LATE) die Obstruktionen in der Nasenhöhle durch aberrant wachsende, deformierte und morphologisch veränderte Conchen (Walter 2008, Craven 2009, Lawson 2012, Schuenemann 2014, Oechtering, Pohl et al. 2016) angehen und somit den Ort der primären und hauptsächlichen Obstruktionen verändern (Oechtering, Pohl et al. 2016). Zusätzlich ist eine chirurgische Korrektur sekundärer Merkmale sinnvoll. Die Arbeitsgruppe in Leipzig schlägt hierfür, je nach endoskopischem Vorfinden, folgende Eingriffe neben der Turbinektomie vor: Eine Erweiterung der Nares und des Nasenvorhofs mittels einer Ala-Vestibuloplastik, eine Staphylektomie zum Kürzen und Ausdünnen des Gaumensegels, eine Tonsillotomie beim Vorliegen vergrößerter Mandeln, eine

Laryngocelektomie zur laser-assistierten Ablation evertierter Kehlkopftaschen und eine partielle Entfernung des Processus cuneiformes bei Vorliegen eines Larynxkollaps (Pohl 2016).

Trotzdem muss bedacht werden, dass auch bei einer chirurgischen Korrektur aberrant wachsender und deformierter Conchen die Funktionsfähigkeit derselbigen nicht wiederhergestellt werden. Man darf sogar postulieren, dass die brachycephalen Hunde diese zusätzlichen Conchen nur deswegen bilden, um einem thermoregulatorischen Defizit entgegen zu wirken. Sie stellen quasi einen Teil des verzweifelten Versuches zur Erhaltung einer niedrigen Körpertemperatur dar. Es wurde nämlich beobachtet, dass aberrante Conchen wieder nachwachsen (Oechtering, Pohl et al. 2016), was als Versuch des Körpers zur Wiederherstellung der thermoregulatorisch wichtigen Oberflächen angesehen werden könnte.

Ein zweiter, allerdings wenig spektakulärer Ansatz zur Therapie ist demnach die Verbesserung der Thermoregulation. Dazu gehört die Gewichtsreduktion, welche neben dem Effekt der reduzierten Körpermasse auch dazu führt, dass die oberen Atemwege durch eine reduzierte Fettbelegung mehr Platz bekommen und den Atem- und Hechelvorgang erleichtert.

Ein leicht modifizierter chirurgischer Zugang und eine Konzentration auf die Nasenhöhle kann bei an BAS betroffenen Hunden in vielerlei Hinsicht kurzfristig Abhilfe schaffen. Nachhaltigkeit entsteht allerdings nur durch züchterische und aufklärerische Maßnahmen, die dazu führen, dass die extrem kurznasigen Hunde nicht mehr gezüchtet und weniger nachgefragt werden.

### **5.2.3. Ableitungen für künftige Zuchtbemühungen**

Bei typischen brachycephalen Rassen, wie Bulldoggen und Möpsen, handelt es sich phylogenetisch um alte Rassen. Funde reichen bis in die Antike zurück (Zedda 2006). Unlängst konnte belegt werden, dass sich der Gesichtsschädel betroffener Rassen im Verlauf der letzten hundert Jahre zum Teil deutlich verkürzt hat (Koch and Sturzenegger 2015). Zurückzuführen ist diese Entwicklung auf Zuchtbemühungen, d.h. der gezielten Nachzucht von phänotypisch veränderten Hunden. Der Grund dafür liegt in fehlenden oder unzureichenden Leistungstests zur Überprüfung der Zuchttauglichkeit, unseriösen Zuchten aus dem In- und, v.a. osteuropäischen, Ausland und illegalem Welpenhandel (STVT 2019).



Die Merkmale brachycephaler Rassen erfüllen die Kriterien der sogenannten Qualzucht. Wenn auch im Schweizer Tierschutzgesetz der Begriff der Qualzucht, im Gegensatz zur Situation in europäischen Nachbarstaaten, nicht verwendet wird, so kann trotzdem die Zucht von Tieren mit bestimmten Merkmalen verboten werden, bei denen mit durch das Zuchtziel bedingten oder damit verbundenen Schmerzen, Leiden, Schäden oder Verhaltensstörungen gerechnet werden muss (Artikel 10, Tierschutzgesetz vom 16. Dezember 2005, Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft).

Aufgrund des gesteigerten Bewusstseins in jüngster Zeit haben einige Zuchtvereinigungen reagiert und Zuchtzulassungen geschaffen, die das Ziel haben, Hunde, die am brachycephalen Syndrom leiden, von der Zucht auszuschließen. So fordert der Deutsche Mopsclub e.V. seit 2009 zur Erlangung einer Zuchttauglichkeit das Bestehen eines Belastungstests, einer Formwertbeurteilung und eines Wesenstestes. Im Zuge des Belastungstests muss eine Strecke von einem Kilometer Länge in maximal elf Minuten absolviert werden, wobei die Gangart nicht vorgeschrieben ist. Wenn sich die Herz- und Atemfrequenz nach spätestens fünfzehn Minuten Erholung wieder normalisiert hat, ist der Test bestanden. Eine 2012 veröffentlichte Dissertation hat 42 Möpse den oben erwähnten Belastungstest durchführen lassen. Dabei konnten nur 20 Möpse (48%) den Test bestehen (Martin 2012). Unsere Studie hat allerdings gezeigt, dass die Referenzzeit von 11, oder neuerdings 9, Minuten zu wenig selektionierend ist und keine ernsthafte körperliche Herausforderung darstellt. Im Weiteren bestehen für den Test eine Vielzahl von subjektiven Parametern wie Streckenbeschaffenheit, Außentemperatur, Begleitperson, aktuelle Kondition, Begleiterkrankungen und andere, so dass seine Aussage anfechtbar sein wird und zudem keine wiederholt auswertbare Basis hat. Es kommt dazu, dass der Leistungstest nur einen Trend, aber keinen signifikanten Zusammenhang zur Kopfform aufzeigt und deswegen in dieser Form nicht für Zuchtzulassungen verwendet werden sollte.

Die Daten der vorliegenden Studie stützen über die Zusammenhänge über die Thermoregulation die Hypothese, dass eine Schädelverkürzung zum BAS führt. Aus diesem Grund ergibt es Sinn, dass die interessierten Züchter ein bestimmtes Schädelmaß als Zuchtkriterium herbeiziehen. In unserer Untersuchung hat sich der Längen-Breiten-Index (Brehm, Loeffler et al. 1985) als gutes Kriterium erwiesen. Im Gegensatz zum S-Index (Koch, Wiestner et al. 2012) ist er recht einfach aus Röntgenbildern zu erheben und eignet sich hervorragend zur Steuerung von Zuchtbemühungen und anderen administrativen Vorgängen.

### **5.3. Schlussfolgerungen**

Die bei kurznasigen Hunden beschnittene Thermoregulation über die Endoturbinalia nimmt eine zentrale Rolle bei der Pathophysiologie des BAS ein. Die verstärkte Klinik bei hohen Außentemperaturen stützt diese Aussage. Kompensatorische Vorgänge führen über die Erhöhung des Atemunterdruckes zur Ausprägung der typischen und beobachtbaren morphologischen Vorgänge wie enge Nüstern, langes Gaumensegel und evertierte Larynxtaschen. Stenosierende Rezidive nach Öffnung der Obstruktionen und Entfernen aberranter Conchen werden durch das nicht Ursachen-behebende chirurgische Vorgehen erklärt.

Eine Verbesserung der Thermoregulation und damit eine Gesundung der betroffenen Rassen, wie der Französischen Bulldogge oder dem Mops, ist nur möglich, wenn die evaporativen Oberflächen im Naseninnenlumen vergrößert werden können. Dies geschieht durch eine durch die Öffentlichkeit geförderte, durch Behörden geforderte und durch Zuchten erzielte Vergrößerung und Verlängerung des Nasenschädels. Die hier gestellten Schlussfolgerungen sind nicht neu, aber basieren auf neuen wissenschaftlichen Grundlagen.

*„We are still confused – but on a much higher level”. – W. Churchill*

## 6. Anhang

Dr. med. vet. ECVS  
**DANIEL KOCH**  
Kleintierchirurgie AG Überweisungspraxis

### ÜBERWEISUNGSPRAXIS

*Kleintierchirurgie und Orthopädie  
Zahnheilkunde  
Untersuchungsgänge  
Consulting  
Ausbildung  
Kursorganisation*

### Einverständniserklärung

Ich erkläre mich einverstanden, dass an meinem unten aufgeführte im Rahmen des hier kurz zusammengefassten Experimentes folgende Eingriffe durchgeführt werden. Zudem habe ich zur Kenntnis genommen, dass Zwangsmassnahmen und eine Beruhigung erforderlich sein können und die Sedation mit Komplikationen verbunden sein kann. Im Weiteren erlaube ich die Verwendung der erhobenen Daten zur Zwecke dieses Projektes und der damit verbundenen Publikationen.

#### **Projekt: Einfluss der Nasenlänge resp. der Naseninnenstruktur auf den Temperaturhaushalt von Hunden.**

Wir nehmen an, dass die züchterisch verursachte Schädelkürzung den Hunden die Möglichkeit nimmt, mit hohen Temperaturen umgehen zu können. Der Hechelvorgang wird durch den Verlust an Feuchte abgebenden Oberflächen in der Nase beschnitten, was die Hunde zwingt, durch verstärkte Atmung mehr Luft durch die oberen Atemwege strömen zu lassen. Als Resultat werden dabei die Nüstern eng und das Gaumensegel lang. Das Ziel ist der Nachweis, dass kurznasige Hunde im Vergleich zu langnasigen Hunden bei kurzer Belastung höhere Körpertemperaturen generieren und diese langsamer abgebaut wird

#### **Zu erhebende Proben/Parameter:**

Ihr Hund läuft nach Angewöhnung 10 min mit einer Rektaltemperatursonde auf einem Laufband, anschliessend wird es noch während 10 min in der Erholungsphase drin belassen. Nach einer längeren Ruhephase wird eine Strecke von 1 km in Ihrem Beisein so rasch als möglich bewältigt. Zum Schluss (meist nicht am selben Tag) wird ein Schädelröntgen angefertigt. Dazu kann eine Sedation erforderlich sein.

Hundehalter, Name, Adresse, Telefonnummer:

.....

Angaben zum Hund (Name, Rasse, Geschlecht, geborenes Gewicht):

.....

.....

Unterschrift Tierbesitzer:

Diessenhofen, den

.....

.....

Ziegelsteinstrasse 5 | CH-8253 Diessenhofen | G +41 (0)52 657 30 00 | F +41 (0)52 657 30 90 | daniel.koch@dkoch.ch | www.dkoch.ch

**Anhang 1:** Einverständniserklärung für die Teilnahme an der Studie, welche im Vorhinein von den Besitzern unterzeichnet wurde.



**Anhang 2:** Im Zuge der Abkühlungsphase präsentieren sich die kurznasigen Hunde subjektiv deutlich erschöpfter und zeigen permanentes Hecheln, teilweise ist auch eine abduzierte Haltung der Vordergliedmaßen, welche einer erleichterten Atmung dient, ersichtlich (rechts).



**Anhang 3:** Ansicht der Nares eines zweijährigen Französischen Bulldogge (links) vs. einer sechs Monate alten Französischen Bulldogge (rechts). Adspektrisch lässt sich eine deutlich prominentere Öffnung der Nares beim Jungtier ausmachen.

## 7. Referenzen

- ANIS – Animal Identity Service, Bern, Schweiz (2014). Geschäftsbericht 2014
- Arnold, S., Balli, A., Wiestner, T. (2004). Radiologische, klinische und rhinomanometrische Untersuchung vom 13. März 2004 von 5 Bulldoggen Pickwick und 3 Englischen Bulldoggen. Zürich.
- Aron, D. N. and D. T. Crowe (1985). "Upper airway obstruction. General principles and selected conditions in the dog and cat." Vet Clin North Am Small Anim Pract **15**(5): 891-917.
- Bach, J. F. R., E.A.; Benedice, D. (2007). "Association of expiratory airway dysfunction with marked obesity in healthy adult dogs." American Journal of Veterinary Research **68**: 670-675.
- Balli, A. (2004). Rhinomanometrische Parameter bei gesunden Hunden in Abhängigkeit vom radiologisch erfassten Brachycephaliegrad, Universität Zürich.
- Brehm, H., K. Loeffler and H. Komeyli (1985). "Schädelformen beim Hund." Zbl Vet Med C Anat Histol Embryol **14**: 324-331.
- Bruchim, Y., Klement, E., Saragusty, J., Finkeilstein, E., Kass, P., Aroch, I. (2006). "Heat stroke in dogs: a retrospective study of 54 cases (1999–2004) and analysis of risk factors for death." Journal of veterinary internal medicine **20**(1): 38-46.
- Coyne, B. E. and R. B. Fingland (1992). "Hypoplasia of the trachea in dogs: 103 cases (1974-1990)." J Am Vet Med Assoc **201**(5): 768-772.
- Craven, B. A., Paterson, E.G., Settles, G.S. (2009). "The fluid dynamics of canine olfaction: unique nasal airflow patterns as an explanation of macrosmia." Journal of The Royal Society Interface **7**(47): 933-943.
- Cunningham, J. G. K., B.G., eds. (2007). Textbook of veterinary physiology. St. Louis.
- Davidson, E. B., M. S. Davis, G. A. Campbell, K. K. Williamson, M. E. Payton, T. S. Healey and K. E. Bartels (2001). "Evaluation of carbon dioxide laser and conventional incisional techniques for resection of soft palates in brachycephalic dogs." J Am Vet Med Assoc **219**(6): 776-781.
- Evans, H. E., De Lahunta, A. (1993). Miller's Anatomy of the Dog. Philadelphia, Elsevier Health Sciences.
- Farquharson, J. and D. W. Smith (1942). "Resection of the soft palate in the dog." J Am Vet Med Assoc **100**: 427-430.
- Fasanella, F. J., J. M. Shivley, J. L. Wardlaw and S. Givaruangsawat (2010). "Brachycephalic airway obstructive syndrome in dogs: 90 cases (1991-2008)." J Am Vet Med Assoc **237**(9): 1048-1051.
- Fasanella, F. J. S., J.M.; Wardlaw, J.L.; Givaruangsawat, S. (2010). "Brachycephalic airway obstructive syndrome in dogs: 90 cases (1991-2008)." Journal of the American Veterinary Medical Association **237**(9): 1048-1051.
- Findji, L., Dupré, G (2009). "Folded flap palatoplasty for treatment of elongated soft palates in 55 dogs." European Journal of Companion Animal Practice.
- Flournoy, W. S., Wohl, J.S., Macintire, D.K. (2003). "Heatstroke in dogs: pathophysiology and predisposing factors." Compendium **25**(6): 410-418.
- Fournier, P. F. (2002). "The Lorenz theory of beauty." Journal of cosmetic dermatology **1**(3): 131-136.



- Ginn, J. A., Kumar, M.S.A., McKiernan, B.C., Powers, B.E. (2008). "Nasopharyngeal turbinates in brachycephalic dogs and cats." Journal of the American Animal Hospital Association **44**(5): 243-249.
- Grand, J. G. B., S. (2011). "Structural characteristics of the soft palate and meatus nasopharyngeus in brachycephalic and non brachycephalic dogs analysed by CT." Journal of Small Animal Practice **47**: 137-142.
- Guhad, F. (2005). "Introduction to the 3Rs (refinement, reduction and replacement)." Journal of the American Association for Laboratory Animal Science **44**(2): 58-59.
- Harvey, C. E. (1982). "Upper airway obstruction surgery 1: Stenotic nares surgery in brachycephalic dogs." J Am Anim Hosp Assoc **18**: 535-537.
- Harvey, C. E. (1982). "Upper airway obstruction surgery 2: Soft palate resection in brachycephalic dogs." J Am Anim Hosp Assoc **18**: 538-544.
- Harvey, C. E. (1982). "Upper airway obstruction surgery 8: Overview of Results." J Am Anim Hosp Assoc **18**: 567-569.
- Hedlund, C. S. (1998). Brachycephalic syndrome. Current Techniques in Small Animal Surgery. M. J. Bojrab. Philadelphia, USA, Williams & Wilkins. **4**: 357-362.
- Hedlund, C. S. (2002). Surgery of the upper respiratory system. Small Animal Surgery. T. W. Fossum. St. Louis, MO, USA, Mosby. **2**: 620-628.
- Hendricks, J. C. (1992). "Brachycephalic airway syndrome." Vet Clin North Am Small Anim Pract **22**(5): 1145-1153.
- Hendricks, J. C. (1995). Recognition and treatment of congenital respiratory tract defects in brachycephalics. Kirk's veterinary therapy XII. J. D. Bonagura, Kirk, R.W., eds. Philadelphia, Saunders: 892 - 894.
- Hobson, H. P. (1995). "Brachycephalic syndrome." Semin Vet Med Surg (Small Anim) **10**(2): 109-114.
- Huck, J. L. S., B.J.; Hauptman, J.G, et al. (2008). "Technique and outcome of nares amputation (Trader's technique) in immature shih tzus." Journal of the American Animal Hospital Association **44**: 82-85.
- Koch, D., T. Wiestner, A. Balli, P. Montavon, E. Michel, G. Scharf and S. Arnold (2012). "Proposal for a new radiological index to determine skull conformation in the dog." Schweiz Arch Tierheilkd **154**(5): 217-220.
- Koch, D. A., S. Arnold, M. Hubler and P. Montavon (2003). "Brachycephalic syndrome in dogs." Comp Cont Educ Pract Vet **25**(1): 48-55.
- Koch, D. A. and N. Sturzenegger (2015). "Veränderung des Schädels bei brachycephalen Hunden im Verlaufe der letzten 100 Jahre." Schweiz Arch Tierheilkd **157**(3): 161-163.
- Koch, D. A., T. Wiestner, A. Balli, S. Arnold and P. Montavon (2018). "Vergleich von transnasalem Druck und Widerstand bei brachyzephalen und normozephalen Hunden." Kleintierpraxis **63**(5).
- Lawson, M. J., Craven, B.A., Paterson, E.G., Settles, G.S. (2012). "A computational study of odorant transport and deposition in the canine nasal cavity: implications for olfaction." Chemical senses **37**(6): 553-566.
- Lecoindre, P., Richard, S. (2004). "Digestive disorders associated with the chronic obstructive respiratory syndrome of brachycephalic dogs: 30 cases (1999-2001)." Revue de médecine vétérinaire **155**(3): 141-146.
- Leonard, H. C. (1960). "Collapse of the larynx and adjacent structures in the dog." Journal of the American Veterinary Medical Association **137**: 360.

- Leonard, H. D. (1957). "Eversion of the lateral ventricles of the larynx in the dog." J Am Vet Med Assoc **13**: 83-84.
- Liu, N. C., G. U. Oechtering, V. J. Adams, L. Kalmar, D. R. Sargan and J. F. Ladlow (2017). "Outcomes and prognostic factors of surgical treatments for brachycephalic obstructive airway syndrome in 3 breeds." Vet Surg **46**(2): 271-280.
- Lodato, D. L. and C. S. Hedlund (2012). "Brachycephalic airway syndrome: management." Compend Contin Educ Vet **34**(8): E4.
- Lorinson, D., R. M. Bright and R. A. S. White (1997). "Brachycephalic airway obstruction syndrome - a review of 118 cases." Canine Practice **22**: 18 - 21.
- Martin, V. M. (2012). Aussagekraft eines Belastungstests für Möpse bezüglich mit dem brachyzephalen Atemnotsyndrom assoziierter Probleme, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- O'Neill, D. G., C. Jackson, J. H. Guy, D. B. Church, P. D. McGreevy, P. C. Thomson and D. C. Brodbelt (2015). "Epidemiological associations between brachycephaly and upper respiratory tract disorders in dogs attending veterinary practices in England." Canine Genet Epidemiol **2**: 10.
- O'Neill, D. G. B. L. C., D.B.; Brodbelt, D.C.; Packer, R.M.A. (2018). "Demography and disorders of the French Bulldog population under primary veterinary care in the UK in 2013." Canine Genetics and Epidemiology: 12.
- Oechtering, G. U., S. Pohl, C. Schlueter, J. P. Lippert, M. Alef, I. Kiefer, E. Ludewig and R. Schuenemann (2016). "A Novel Approach to Brachycephalic Syndrome. 1. Evaluation of Anatomical Intranasal Airway Obstruction." Vet Surg **45**(2): 165-172.
- Oechtering, G. U., S. Pohl, C. Schlueter and R. Schuenemann (2016). "A Novel Approach to Brachycephalic Syndrome. 2. Laser-Assisted Turbinectomy (LATE)." Vet Surg **45**(2): 173-181.
- Oechtering, T. H., G. U. Oechtering and C. Nöller (2007). "Strukturelle Besonderheiten der Nase brachyzephaler Hunderassen in der Computertomographie." Tierärztl Prax **35**: 177-187.
- Ohnishi, T. and J. H. Ogura (1969). "Partitioning of pulmonary resistance in the dog." Laryngoscope **79**: 1847-1878.
- Packer, R. M. A., Tivers, M.S. (2015). "Strategies for the management and prevention of conformation-related respiratory disorders in brachycephalic dogs." Veterinary Medicine: Research and Reports **6**: 219.
- Palierne, S., Meynaud, P., Bilmont, A., Delverdier, M., Semin, M.O., Stieglitz, M., Riviere, G., Autefage, A. (2018). "Plasma-Mediated Bipolar Radiofrequency Ablation of Overlong Soft Palate in the Dog: A Pilot Study." Journal of the American Animal Hospital Association **54**(5): 267-275.
- Pohl, S., Roedler, F.S., Oechtering, G.U. (2016). "How does multilevel upper airway surgery influence the lives of dogs with severe brachycephaly? Results of a structured pre-and postoperative owner questionnaire." The Veterinary Journal **210**: 39-45.
- Poncet, C. M., G. P. Dupre, V. G. Freiche, M. M. Estrada, Y. A. Poubanne and B. M. Bouvy (2005). "Prevalence of gastrointestinal tract lesions in 73 brachycephalic dogs with upper respiratory syndrome." J Small Anim Pract **46**(6): 273-279.
- Poncet, C. M. D., G.P.; Freiche, V.G. et al. (2006). "Long-term results of upper respiratory syndrome and gastrointestinal tract medical treatment in 51 brachycephalic dogs." Journal of Small Animal Practice **47**: 137-142.
- Pschyrembel (1993). Klinisches Wörterbuch, Walter de Gruyter.



- Riecks, T. W., Birchard, S.J., Stephens, J.A. (2007). "Surgical correction of brachycephalic syndrome in dogs: 62 cases (1991–2004)." Journal of the American Veterinary Medical Association **230**(9): 1324-1328.
- Roedler, F. S., Pohl, S., Oechtering, G.U. (2013). "How does severe brachycephaly affect dog's lives? Results of a structured preoperative owner questionnaire." The Veterinary Journal **198**(3): 606-610.
- Schmidt-Nielsen, K., W. L. Bretz and C. R. Taylor (1970). "Panting in dogs: unidirectional air flow over evaporative surfaces." Science **169**: 1102-1104.
- Schmidt, M. J., Volk, H., Klingler, M., Failing, K., Kramer, M., & Ondreka, N. (2013). "Comparison of closure times for cranial base synchondroses in mesaticephalic, brachycephalic, and Cavalier King Charles Spaniel dogs." Veterinary Radiology & Ultrasound **54**: 497-503.
- Schuenemann, R., Oechtering, G.U. (2014). "Inside the Brachycephalic Nose: Intranasal Mucosal Contact Points." Journal of the American Animal Hospital Association **50**: 149-158.
- STVT. (2019). "Illegal Hundeimport."
- Suter, P. F., Colgrove, D.J., Ewing, G.O. (1972). "Congenital hypoplasia of the canine trachea." Journal of the American Animal Hospital Association **8**: 120-127.
- The Kennel Club. (2018). "Dog breeds: Registration statistics in the UK." from <https://www.thekennelclub.org.uk/media/1160202/2017-2018-top-20.pdf>.
- Torrez, C. V. H., G.B. (2006). "Results of surgical correction of abnormalities associated with brachycephalic airway obstructive syndrome in dogs in Australia." Journal of Small Animal Practice **47**: 150-154.
- Trader, R. L. (1949). "Nose operation." Journal of the American Veterinary Medical Association **114**(865): 210-211.
- Trinterud, T. N., P.; White, R. A. S. (2014). "Use of silicone tracheal stoma stent for emergency tracheostomy in dogs with upper airway obstruction." Journal of Small Animal Practice **55**: 551-559.
- Walter, A., Seeger, J., Oechtering, G.U., Nöller, C. (2008). Dolichocephalic versus brachycephalic conchae nasales-a microscopic anatomical analysis in dogs. XXVII Congress of the Association of Veterinary Anatomists.
- Wenk, J. (2004). Zeitlicher Verlauf von Vascular Endothelial Growth Factor und Erythropoietin nach kurzer physischer Belastung und bei meso- und brachycephalen Hunden.
- Wykes, P. M. (1991). "Brachycephalic airway obstructive syndrome." Probl Vet Med **3**(2): 188-197.
- Zedda, M., Manca, P., Chisu, V., Gadau, S., Lepore, G., Genovese, A., Farina, V. (2006). "Ancient pompeian dogs–morphological and morphometric evidence for different canine populations." Anatomia, histologia, embryologia **35**(5): 319-324.

## 8. Danksagung

Zeit, DANKE zu sagen:

Zu größtem Dank bin ich meinem Betreuer Dr. Daniel Koch verpflichtet, der dieses Thema und mich zusammengebracht hat. Ich hätte mir zu keinem Zeitpunkt einen besseren Betreuer wünschen können! Ebenso danke ich Prof. Kircher und Prof. Burgener für die sofortige Bereitschaft mich als Referent und Koreferent zu unterstützen.

Dank gilt auch Daniels Frau, Doris Koch, Fabio und allen lieben Praxisangestellten der „Daniel Koch Überweisungspraxis“ in Diessenhofen, die mich zu Zeiten der Studie aufgenommen haben und sogar durch strömenden Regen gelaufen sind um die Studie zu ermöglichen! Ein großes Dankeschön gilt Marcel Elber, der uns sein Laufband und seine Zeit zur Verfügung gestellt hat. Danke an alle Hundebesitzer, die uns Ihre Hunde anvertraut haben und die Studie ermöglicht haben.

Der Hilfe bei der Statistik danke ich Dr. Tichy von der Vetmed Uni Wien, vor allem für den Kontakt zu Anja Bohatscheck.

Ohne privaten Background hätte ich dieses Projekt niemals beenden können.

Während meiner Zeit an der Vetmeduni Wien habe ich wahnsinnig tolle Menschen kennengelernt, namentlich bedanken möchte ich mich vor allem bei Brigitte Degasperi, außerdem bei Anja, Lisa-Marie, Vera und Lolli.

Berlin hat mir maßgeblich gezeigt, dass es viel wichtigere Dinge im Leben gibt als Karriere und Erfolg. DANKE an meine alte WG, vor allem an Ambra, aber auch der *Wizzl-Gang* – die mir noch heute tagtäglich zeigt, dass es viel mehr gibt als die Tiermedizin (z.B. Brutalismus). Zusätzlich bedanken möchte ich mich bei Gianna, Mona, Lukas und Mia, Selina, Vicky, Martin, Eva, Christian, Isabell.

Danke an Tobi, dass Du in mein Leben gecrasht bist und meine Prinzipien jeden Tag auf den Kopf stellst: Du bist Allerbeste!

Danke an Catalina und Sofia und vor allem meinem Papa für jahrelangen finanziellen Support (Ja, ich weiß, deine Diss ging schneller, aber ist halt dafür langweilig☺). Danke an meine Großeltern, die mich immer unterstützen, ohne einen Hauch von Ahnung zu haben, was ich eigentlich tue. Vor allem gilt dieser Dank meinem Opa, der immer an mich geglaubt hat und die Vollendung dieser Arbeit leider nicht mehr miterleben kann.

Der Mensch, der mir zu jeder Zeit meines Lebens am meisten bedeutet hat, lebt nicht mehr:  
Danke an meine Mama für 22 Jahre engste Verbundenheit und Liebe. Nichts ist mehr wie es  
war, seit Du und Zora für immer gegangen seid. Ich vermisse und liebe Euch jede Sekunde!

Die letzten Zeilen widme ich allen kurznasigen Hunden dieser Welt: Ihr seid in Eurem  
täglichen Leben so eingeschränkt aufgrund eurer massiven, vom Menschen gemachten  
körperlichen Behinderungen. Danke, dass ihr trotz allem so einen menschenfreundlichen und  
positiven Charakter habt! #keepbreathing.

## 9. Lebenslauf

Vorname, Name: Ana Cristina Piroth  
Geburtsdatum: 14.07.1990  
Geburtsort: Düsseldorf  
Nationalität: Deutsch

07/2001 – 03/2010 **Schulausbildung:** Gymnasium Hermeskeil;  
Hermeskeil, Deutschland

10.03.2010 **Abschluss:** Abitur, Gymnasium Hermeskeil;  
Hermeskeil, Deutschland

10/2010 – 03/2016 **Berufsausbildung:** Studium der Veterinärmedizin:  
Ludwig-Maximilians-Universität München; München,  
Deutschland

01.03.2016 **Abschlussprüfung vet. med.:** Ludwig-Maximilians-  
Universität München; München, Deutschland

09/2018 – 09/2020 **Anfertigung der Dissertation**  
unter Leitung von Prof. Dr. vet. med. Patrick Kircher  
am Departement für klinische Diagnostik und Services  
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich  
Klinikdirektor: Prof. Dr. vet. med. Patrick Kircher

10/2019 – 09/2020	Fellow Kleintierchirurgie, Vetmeduni Vienna; Wien, Österreich
10/2018 – 09/2019	Internship Kleintiere, Vetmeduni Vienna; Wien, Österreich
04/2017 – 07/2017	Projektassistentz Augenstation, Vetmeduni Vienna; Wien, Österreich
05/2016 – 12/2016	Assistenzarzt, Kleintierchirurgie Dreilinden; Berlin, Deutschland